

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCA



LIBEREC 2009

MIROSLAVA PALIČUKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní program: Textilní inženýrství

Studijní obor: Netkané textilie

Katedra netkaných textilií

VÝVOJ ZAŘÍZENÍ PRO ZKOUŠENÍ PRODYŠNOSTI OBJEMNÝCH MATERIÁLŮ ZA PROVOZNÍCH PODMÍNEK

DEVELOPMENT OF DEVICE FOR EVALUATION OF PERMEABILITY OF VOLUMINOUS MATERIALS UNDER OPERATING CONDITIONS

Autor: Miroslava Paličuková

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ondřej Novák

Počet stran textu: 54

Počet obrázků: 23

Počet tabulek: 5

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne vyžadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 31. května 2009

.....
Miroslava Paličuková

Pod'akovanie

Touto cestou by som rada pod'akovala svojmu vedúcemu diplomovej práce Ing. Ondrejovi Novákovi za odborné vedenie, cenné pripomienky a veľkú ochotu pri vypracovaní tejto diplomovej práce. A taktiež za veľkú pomoc pri tvorbe experimentu a vyhodnocovaní výsledkov, morálnu podporu, odborné rady a pripomienky.

V neposlednej rade ďakujem taktiež mojej rodine a priateľovi za ich morálnu podporu, trpezlivosť a možnosť štúdia na tejto univerzite.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá prodyšností automobilových sedaček. Teoretická část je zaměřena na konstrukční řešení sedaček a jeho vztah k prodyšnosti a taktéž na postup stanovení prodyšnosti textilních a podobných materiálů v plošné i objemné formě.

Cílem této práce je navrhnout vhodnou metodiku měření prodyšnosti stlačitelných porézních materiálů zatížených tlakovou silou a tuto ověřit na k tomu uspůsobeném zařízení. V závěru je diskutována vhodnost metodiky a navrhnutá zlepšení.

Anotation

This thesis deals with a permeability of car seats. The theoretical part of this thesis is focused on the construction of car seats and its relation to the air permeability. Also a measurement process of a textile and porous material permeability in a flat and voluminous form is investigated.

The aim of the thesis is to design appropriate methodics for the air permeability measurement of porous materials loaded by a compression force and perform its verification on the device modified for this purpose. In conclusion the suitability of this methodics is discussed and improvements are propounded.

Klíčová slova: Prodyšnost, PU pěna, Autosedačky, Komfort, Pórozita, Darcyho zákon, 3D textilie – spacery, Struktura pórů,

Key words: Permeability, PU foam, Car seat, Comfort, Porosity, Darcy's law, Spacer, Pore structure,

Zoznam symbolov a skratiek

TDI	toluén diizokyanát
MDI	difenylmethán diizokyanát
HDI	hexamethylén diizokyanát
IPDI	izofóron diizokyanát
EG	ethylénglykol
BDO	1,4-butándiol
DEG	diethylénglykol
TMP	glycerín a trimethylol propán
PO	propylén oxidu
EO	ethylén oxidu
DPG	dipropylén glykol
mol. hm.	molekulová hmotnosť
PAL	povrchovo aktívna látka
PU	polyuretán
max.	maximálne
napr.	napríklad
zn.	znamená
resp.	respektíve
obr.	obrázok
tab.	tabuľka
tzv.	takzvané
atď.	a tak ďalej
DNT	dinitrotoluén
TDA	touléndiamín
MDA	metyléndianilín
PIR	polyizokyanurátu
PHD	polyureu
DMT	dimethyltereftalátu
Re č.	Reynoldsovo číslo (bezrozmerné)
%	percentuálne

2. MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRE VÝROBU AUTOMOBILOVÝCH SEDAČIEK	10
2.1 POLYURETÁNOVÁ PENA	10
2.1.1. <i>Chemické zloženie PU pien</i>	10
Izokyanáty	13
Polyalkoholy	15
Povrchovo aktívne látky	16
2.1.2 <i>Vlastnosti PU pien</i>	17
Štruktúra PU pien	18
Hustota	19
Tuhosť	19
Nosnosť - index komfortu	19
Elasticita (hodnota hysterézie)	20
Odpor proti stlačeniu	20
Pórozita	21
Priechodnosť	22
2.1.3 <i>Postup výroby PU sedačiek</i>	22
2.1.4 <i>Recyklácia flexibilnej PU peny</i>	23
2.2 VLÁKENNÁ VÝPLŇ	24
2.2.1 <i>Výroba gumožŕň</i>	24
2.2.2 <i>Štruktúra gumožŕň</i>	25
2.2.3 <i>Postup výroby</i>	25
2.3 MATERIÁLY A POSTUPY PRE ZAISTENIE ZVÝŠENEJ PRIEDUŠNOSTI AUTOMOBILOVÝCH SEDAČIEK	26
2.3.1 <i>Komfortné vrstvy</i>	27
Distančné pleteniny	27
PU peny so zvýšenou pórozitou	29
2.3.2 <i>PU pena so štruktúrovaným povrchom</i>	30
2.3.3 <i>Kombinácie pien s inými materiálmi</i>	30
2.3.4 <i>Systémy s núteným prúdením vzduchu</i>	30
2.3.5 <i>Materiály s fázovou zmenou</i>	31
3. POSTUPY STANOVENIA PRIEDUŠNOSTI	33
3.1 ŠTANDARDY	33
3.2 TEORETICKÝ PODKLAD PRE STANOVENIE PRIEDUŠNOSTI	34
3.2.1 HAGEN-POISSEUILLOV ZÁKON	34
3.2.2 DARCYHO ZÁKON	35
4. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	36
4.1 CIEĽ EXPERIMENTU	36
4.2 POUŽITÉ ZARIADENIE	36
4.2.1 <i>Skenovací elektrónový mikroskop VEGA-TESCAN</i>	36
4.2.2 <i>Zariadenie pre naprašovanie vzorku kovom</i>	37
4.3 NÁVRH A REALIZÁCIA ZARIADENIA PRE VIZUÁLNE HODNOTENIE ZMIEN ŠTRUKTÚRY VZORKY PRI DEFORMÁCII	37
4.3.1 <i>Postup stanovenia vplyvu deformácie na zmenu štruktúry PU peny</i>	38
4.4 NÁVRH A REALIZÁCIA ZARIADENIA PRE STANOVENIE PRIEDUŠNOSTI ZA PREVÁDZKOVÝCH PODMIENOK	38
4.4.1 <i>Zaťažovacie teleso</i>	39
4.4.2 <i>Potrubie pre vedenie vzduchu</i>	39
4.4.3 <i>Meracia časť</i>	39
4.4.5 <i>Zdroj podtlaku</i>	40
4.4.6 <i>Stlačovacie zariadenie</i>	40
4.5 POSTUP MERANIA - NÁVRH METODIKY MERANIA PRIEDUŠNOSTI ZA PREVÁDZKOVÝCH PODMIENOK	41
5. VÝSLEDKY	42
5.1 POZOROVANIE DEFORMÁCIE ŠTRUKTÚRY PU PENY	42
5.2 OVEROVANIE ZARIADENIA A METODIKY	44
Autosedačka A	44
Autosedačka B	45

6. DISKUSIA	46
7. ZÁVER A DOPORUČENIE.....	48
POUŽITÁ LITERATÚRA	50

1. Úvod

V posledných desaťročiach stále viac polymérnych materiálov využíva automobilový priemysel, a to od sedadiel cez volanty, prístrojové panely až po hluk tlmiace výplne karosérie. Pri navrhovaní sedadiel do automobilov a dopravných prostriedkov sa, okrem bezpečnosti, musí postupovať ergonomicky a esteticky. Nemalú úlohu hrá aj komfort. V súčasnosti sa pre výrobu výplní sedačiek najviac používa mäkká polyuretanová pena, ktorá je ľahko formovateľná do požadovaného tvaru a má i ďalšie pozitívne vlastnosti, ako napr. trvanlivosť alebo dobré tlmenie.

Z hľadiska komfortu sa kladie dôraz predovšetkým na priedušnosť materiálu. Obmedzenie priedušnosti v automobilovej sedačke spôsobuje predovšetkým PU pena. Z tohto dôvodu je žiaduce merať priedušnosť sedačiek a umožniť tak konštruktérom zlepšovať ich komfortné vlastnosti. Existujúce metodiky merania priedušnosti sú navrhnuté pre plošné textilie, a to je problémom pri objemných materiáloch, u ktorých sa metodika nedá aplikovať. Preto bolo nutné navrhnúť vhodnú metodiku pre meranie priedušnosti objemných materiálov, ale aj prístroj, na ktorom by sa meranie dalo za prevádzkových podmienok aplikovať, pretože tie budú naňho klásť o veľa vyššie nároky. Sedačky sú typickým príkladom využitia metodiky stanovenia priedušnosti pri deformácii. Do značnej miery, okrem deformácie, závisí priedušnosť od štruktúry použitého materiálu, ktorú sme schopní vhodne ovplyvňovať napr. použitím komfortných vrstiev.

Úlohou tejto diplomovej práce je navrhnuť prístroj a metodiku merania priedušnosti stlačiteľných poréznych materiálov zaťažených tlakovou silou na vyvinutom zariadení a zariadenie overiť na skutočných vzorkách.

Z dôvodu utajenia niektorých skutočností sú isté časti popísané len na obecnej úrovni, bez konkretizácie parametrov, lebo konštrukčných detailov.

2. Materiály používané pre výrobu automobilových sedačiek

2.1 Polyuretánová pena

Polyuretán (PU) je jedným z najpoužívanějších a najvšestrannejších polymérov. Kontrolovaním parametrov ako je funkčnosť, chemické zloženie a molekulová hmotnosť rôznych reagujúcich zložiek produkujeme širokú škálu materiálov s rôzne významnými vlastnosťami. Táto všestrannosť viedla PU k použitiu produktov ako peny, elastoméry, nátery, tesnenia a lepidlá. Avšak, hlavný dopyt PU je v polymérnych penách, ktoré môžu byť flexibilné alebo tuhé. Zatiaľ čo pevné PU peny sú používané hlavne pre tepelnú izoláciu, flexibilné sú využívané ako výplňové materiály v bytových zariadeniach, doprave a baliacich aplikáciách. Tieto peny ponúkajú komfort, nosnosť a funkčnosť. Výberom vhodne reagujúcej zložky a výrobného postupu môžeme vyrobiť PU penu v širokom rozsahu aplikovania (obr.1). [1]

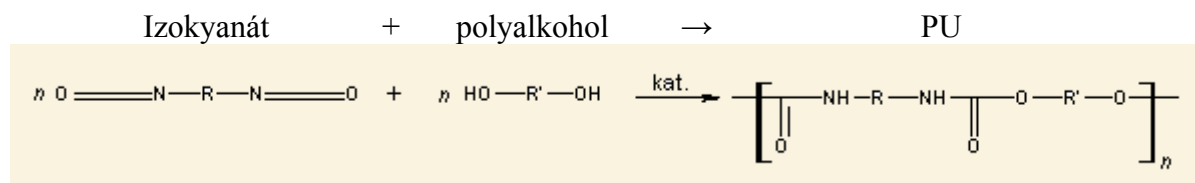


Obr. 1: Charakteristika PU materiálov [2]

2.1.1. Chemické zloženie PU pien

PU patria do skupiny zlúčenín nazývaných *reakčné polyméry*, ktoré zahŕňajú aj epoxidy, nenasýtené polyestery a fenoly. PU vznikajú polyadičnou reakciou diizokyanátov s alkoholmi. [2]

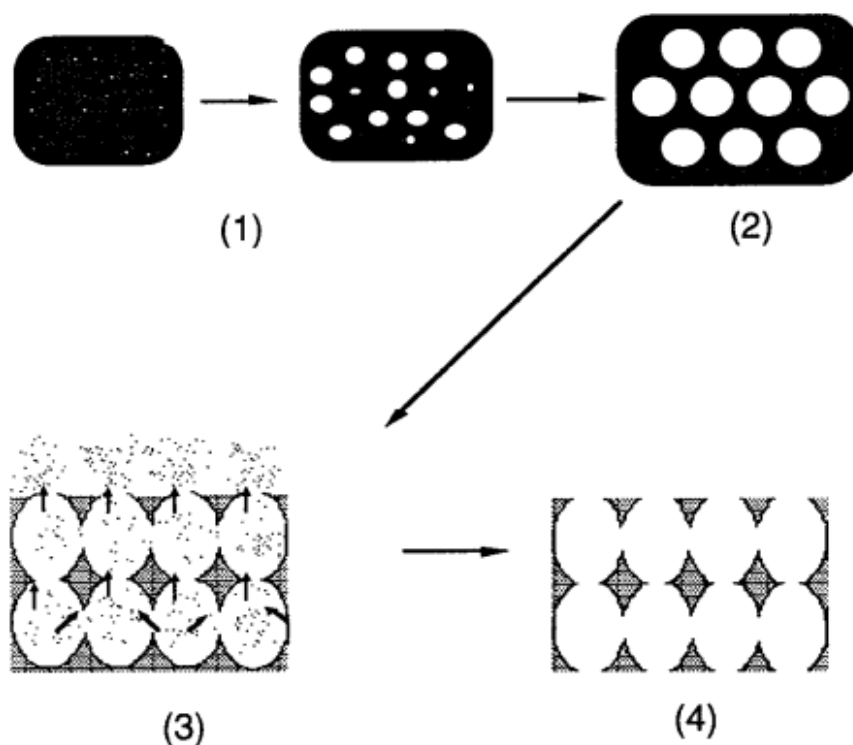
Z chemického hľadiska môžeme túto reakciu vyjadriť nasledovne:



PU majú v hlavnom reťazci kyslík, ktorý ich činí ohybnejšími, okrem uretanovej skupiny. To sa prejaví nižšou teplotou topenia. PU sú veľmi odolné voči zmydelneniu alkáliami alebo kyselinami.

Pripravujú sa z polyesterov s dvoma hydroxylovými skupinami na koncoch (viacmolekulárnych) diolov, izokyanátu a vody. Veľmi dôležité je presné dávkovanie, lebo na ňom závisí, či sa vytvorí dostatočne ľahká a pevná pena. Reakciou vody s diizokyanátmi sa uvoľňuje oxid uhličitý, ktorý vytvára štruktúru peny. Behom vypeňovania súčasne vznikajúci polymér tuhne. Takto sa vytvárajú napr. bloky, ktoré sa dodatočne režu na potrebnú veľkosť.

Podľa zloženia východzej zmesi môžeme pripraviť peny mäkké, polotuhé a tuhé. [3]



Obr. 2: Makroskopický pohľad štyroch fáz počas vypeňovania [4]

Schéma procesu vypeňovania je znázornená na obr. 2. Skladá sa zo štyroch fáz: 1. tvorba buniek a ich rast, 2. mikrofázová separácia (tuhnutie polyméru) a otvorenie buniek, 3. penová expanzia, 4. stuhnutie. [4]

Prvou základnou súčasťou PU polyméru je *izokyanát*. Rozlišujeme izokyanáty aromatické ako napr. difenylmethán diizokyanát (MDI) alebo toluén diizokyanát (TDI) alebo alifatické ako napr. hexamethylén diizokyanát (HDI) alebo izofóron diizokyanát (IPDI). Príkladom polymérneho izokyanátu je polymérny MDI (difenylmethán diizokyanát), ktorý je zmesou molekúl s dvoma-, troma- alebo poly- izokyanátovými skupinami s priemernou funkčnosťou 2,7. Izokyanáty môžu byť ďalej modifikované s polyolom, kedy tvoria prepolymér. Ten je vytvorený, keď je stechiometrický pomer izokyanátovej a hydroxylovej skupiny v pomere 2:1. Dôležité charakteristické črty izokyanátov sú ich molekulová hmotnosť, koncentrácia -NCO (izokyanátová skupina), funkčnosť a viskozita.

Druhou základnou súčasťou je *polyol*. Ak molekuly obsahujú dve hydroxylové skupiny, hovoríme o dioloch, ak tri, jedná sa o trioly, atď.. V praxi sa polyoly odlišujú od iných krátkymi reťazcami alebo nízko molekulovou hmotnosťou glykolových prídavkov a sieťovaním ako napr. ethylénglykol (EG), 1,4-butándiol (BDO), diethylénglykol (DEG), glycerín a trimethylol propán (TMP).

Polyoly sú vytvorené základnou katalytickou adíciou propylén oxidu (PO), ethylén oxidu (EO) na hydroxyl alebo amín obsahujúci iniciátor alebo polyesterifikáciou dvojsytných kyselín ako napr. kys. adipová s glykolmi, EG alebo dipropylén glykol (DPG). Dlhé polyoly s PO alebo EO sú polyethéropolyoly. Polyesterpolyoly sú vytvorené polyesterifikáciou polyolov.

Fyzikálne vlastnosti PU polyméru a ich fyzikálny stav ovplyvňuje do veľkej miery výber iniciátoru, plnidla a molekulová hmotnosť polyolu. Medzi dôležité charakteristiky polyolov patrí zloženie molekuly, iniciátor, mol. hmotnosť, % primárnych hydroxylových skupín, funkčnosť a viskozita.

K modifikácii charakteristík polyméru sa počas peniaceho procesu používajú povrchovo aktívne látky (PAL). Využívajú sa k emulgácii kvapalných komponentov,

regulácii veľkosti bunky a stabilizovaní štruktúry bunky, čím zabránime povrchovým defektom. U tvrdej penyň zaisťujú tenzidy produkciu štruktúry uzavretých buniek. Tenzidy u flexibilnej PU peny sú navrhnuté k stabilizovaní štruktúry buniek, aby pri max. otvorení buniek nedochádzalo k deformácii peny. PAL môžu byť ovplyvnené výberom izokyanátu, polyolu, komponentami znášanlivosti, reaktivitou, prevádzkovými podmienkami, vybavením, atď.. [2]

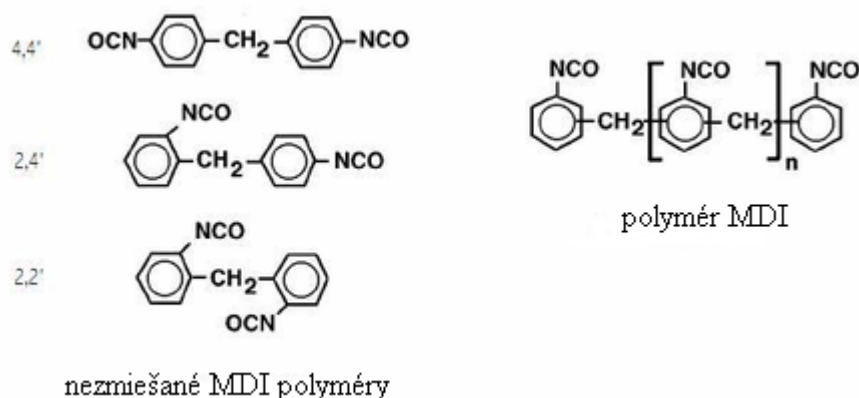


Obr. 3: Zmiešanie polyolu a izokyanátu – výrazné napenenie a vznik pevnej PU peny [5].

Izokyanáty

Rozsiahlu produkciu diizokyanátov určuje existujúce množstvo spôsobov aromatických izokyanátov.

Izokyanáty s dvoma alebo viacerými funkčnými skupinami sú potrebné pre vytvorenie PU polymérov. Aromatické spojenie izokyanátovej skupiny je omnoho viac reaktívne ako alifatické, a taktiež je z ekonomickej stránky lacnejšie, a preto viac používané. Alifatické izokyanáty sú používané pre finálne produkty, u ktorých sa požadujú špeciálne vlastnosti, napr. stabilita náteru na svetle. Dokonca v rovnakom zložení zlúčeniny isokyanátov je významný rozdiel medzi reaktivitou funkčných skupín založených na sterickom usporiadaní. Napr. v prípade 2,4 toluen diizokyanát, k metylovej skupine je omnoho viac reaktívna izokyanátová skupina v para pozícii než izokyanátová skupina v ortho pozícii. (obr.3).



Obr.4 Sterické usporiadanie izokyanátovej skupiny [2].

Fosgenácia je hlavným technickým postupom pre výrobu izokyanátov. Aromatické amíny sú vyrábané:

- ↳ nitráciou toluénu (toluén na dinitrotoluén-DNT),
- ↳ hydrogenáciou DNT na touléndiamín-TDA (TDA je vyrábaný z DNT, ktorý je potom prevedený na toluéndiizokyanát- TDI)
- ↳ fosgenáciou TDA na TDI.

Diamíno difenylmethán alebo metyléndianilín (MDA) je vyrábaný z nitrobenzénu pôsobením anilínu, ktorý je potom prevedený na MDI.

Dva najdôležitejšie aromatické izokyanáty sú TDI a MDI. TDI sa skladá zo zmesi 2,4- a 2,6 diizokyanáttoluénových izomérov.

Najdôležitejší produkt je TDI-80 (TD 80), pozostávajúci z 80 % 2,4 izoméru a 20 % 2,6 izoméru. Táto zmes je rozsiahle využívaná vo výrobe PU flexibilnej peny [12]. Pri tuhej pene sa skôr uplatňuje buď samotný TDI alebo zmes TDI/MDI.

MDI má tri izoméry: 4,4' MDI, 2,4' MDI, a 2,2' MDI a je tiež polymérovaný k zaistieniu oligomérov funkčnej závislosti tri a viac. Komerčne sa ako samostatný izomér predáva iba 4,4' MDI monomér a používa sa k výrobe pre zlepšenie mechanických vlastností. Nevýhodou je ich náchylnosť na teploty pod 20 °C (kvapalná látka). Reakciou s látkami obsahujúcimi aktívny vodík, vrátane vody (reakciou vody a vlhkosti), vzniká CO₂ (oxid uhličitý) a tým narastá tlak v uzavretých nádobách.

Polymérny MDI (PMDI) je používaný pri aplikovaní pien do foriem. Obsahuje veľmi vysoký podiel vysokofunkčných oligomérov, a preto sa používa k výrobe PU

a polyizokyanurátu (PIR) ako pevného izolačného materiálu. Modifikovaný PMDI obsahuje vysoké hodnoty MDI monoméru a používa sa k produkcii PU flexibilnej peny a mikrobunkovej peny. Malé % 4,4' - a 2,4' - izomérov je prispôsobené k zmene reaktivity a uchovaniu stability izokyanátovej zmesi, rovnako ako tvrdosti a ďalšie fyzikálne vlastnosti hotových výrobkov. [2]

Polyalkoholy

V praxi sa z použiteľných polyalkoholových zložiek najčastejšie používajú polyetheralkoholy a polyesteralkoholy. Do tejto zložky sa pridáva väčšina aditív nutných pre výslednú kvalitu výrobku (katalyzátory, retardéry horenia, nadúvadlá, pigmenty, stabilizátory atď.). Ide teda o surovinu obsahujúcu zmes polyetheralkoholov a polyesteralkoholov s aditívami.

Polyoly sú látky s vyššou mol. hmotnosťou vyrábané z iniciátoru a monomérnych stavebných jednotiek. Rozdeľujeme ich na:

- ✓ **polyetheralkoholy** - sú vyrobené reakciou epoxidov (oxiranoalkenoxidov) so zmesou obsahujúcou aktívny vodík.
- ✓ **polyesteralkoholy** - sú vyrobené polykondenzáciou multifunkčnej zmesi kyseliny karboxylovej a hydroxylovej.

Môžu byť klasifikované ako flexibilné (nižšia funkčnosť iniciátorov ako napr. dipropylén glykol (f=2) alebo glycerín (f=3)) alebo pevné (tvrdé) polyoly (vyššia funkčnosť ako napr. sacharóza (f=8), sorbit (f=6), toluéndiamín (f=4)), ktoré sú závislé na funkčnosti iniciátoru a ich mol. hmotnosti. Polyéterpolyoly majú širokú škálu použitia.

Aby bola dosiahnutá požadovaná mol. hmotnosť, pridáva sa k iniciátorom propylénoxid. Dlhé polyoly s propylénoxidom sú ukončené sekundárnou hydroxylovou skupinou. K zmene kompatibility, reologických vlastností a reaktivity polyolu sa používa etylénoxid ako spolureagujúca zložka vytvárajúca náhodný alebo zmiešaný blok heteropolymérov. Polyoly s etylénoxidom obsahujú vysokopercetnuálne zastúpenie primárnych hydroxylov, ktoré sú viac reaktívne než sekundárne hydroxyly. Pre zníženie ich vysokej viskozity sa často používajú s glycerínom alebo dietylénglykolom pre ľahšiu manipuláciu a spracovanie.

Polyesterpolyoly rozdeľujeme do dvoch odlišných kategórií (skupín) založených na:

- ✎ čistých (panenských) surovinách - vyrábané priamo polyesterifikáciou vysokočistých dvojsytných kyselín a glykolov, ako kyselina adipová a 1,4 butándiol. Vyznačujú sa voľbou monomérov, mol. hm. a množstvom (stupňom) vetvenia.
- ✎ Regenerovaných (recyklovaných) surovinách - vyrábané glykolýzou PET alebo destiláciou dimethyltereftalátu (DMT) s glykolmi ako napr. dietylénglykol.

Nízka mol. hm. aromatických polyesterpolyolov sa využíva vo výrobe tvrdej peny. Špeciálne polyoly obsahujú polykarbonátové polyoly, polykaprolaktanové polyoly, polybutadiénové polyoly a polysulfidové polyoly. [2]

Povrchovo aktívne látky

Pri tvorbe konvenčnej PU peny musia byť dosiahnuté vyrovnané vlastnosti. Tie závisia do istej miery na použitých PAL, ktoré musia zaistiť taktiež vlastnosti, aby PU pena po zaťažení zaujala svoj pôvodný tvar a pritom mala dostatočnú pórovitosť. Aby bunky peny pri výrobe zaujali max. objem, potrebujú medzi sebou udržiavať integritu (ostávať uzavreté). Tak sa docieli dosiahnutie plného využitia expandujúcich plynov, nízkej hustoty s min. hustotným gradientom peny (s min. rozdielom hustoty peny v jej objeme). Avšak, peny používané pre čalúnické účely, musia obsahovať veľký podiel frakcie otvorených buniek. Príliš veľké množstvo uzavretých buniek spôsobí zmenšenie objemu a deformáciu peny v okamžiku, kedy plyn vo vnútri buniek začne chladnúť

Nadmerné množstvo uzavretých buniek spôsobí ich zmrštenie s následnou deformáciou peny (zosadnutie), a to následkom ochladzovania plynov vo vnútri uzavretých buniek. Taktiež, ak je príliš veľa buniek uzavretých alebo čiastočne uzavretých, pene bude chýbať pružnosť. Tým sa pena po deformácii nevráti dostatočne rýchlo do jej pôvodnej konfigurácie.

Ideálna PAL pre PU penu by mala dovoliť všetkým bunkám zostať neporušenými až do dosiahnutia max. objemu a v tomto okamžiku umožniť otvorenie

stien bez toho, aby došlo k porušeniu kostry peny. Taktiež je dôležité, aby nedošlo k zhutneniu peny v jej spodnej časti (vplyvom gravitácie). V rámci komerčne použiteľného rozsahu koncentrácie tenzidov bol objavený inverzný vzťah medzi napenením a pórovitosťou peny, inými slovami, väčšia priedušnosť peny vedie k menšiemu napeneniu a väčšej hustote peny. U niektorých druhov pien je nevyhnutné zvýšiť koncentráciu PAL pre dosiahnutie jemnejšej alebo homogénnejšej štruktúry peny. U väčšiny komerčných PAL dochádza k nežiaducemu zníženiu pórozity peny a to je nevýhodné.

Výhodné by bolo, ak by sa pórovitosť PU peny zvýšila o viac než 20 % bez straty viac než niekoľkých percent pri napenení. Ideálne by bolo zvýšiť pórozitu o viac než 50% bez toho, aby došlo k akejkoľvek strate napenenia. [6]

2.1.2 Vlastnosti PU pien

Pre polymérne peny je charakteristické stanovenie nasledujúcich štrukturálnych parametrov: hustota bunky, expanzný pomer, veľkosť rozloženia bunky, obsah (objem, kapacita) otvorených buniek a integrita bunky. Tieto parametre ovplyvňujú štruktúru buniek, riadia sa technológiou vpenenia a veľmi často závisia na type polyméru, ktorý chceme napeňovať. Inými slovami – rozličné polyméry majú rôzne vlastnosti a z toho vyplývajú aj odlišné spracovania (tab.1). [7]

	Flexibilná PU pena	Pevná PU pena
Zloženie	Polyol + Izokyanát dlhé reťazce polyolov s menej -OH skupinami	Polyol + Izokyanát krátke reťazce polyolov s viac -OH skupinami
Hustota [kg/m³]	5 - 200	15 - 800
Vlastnosti	Absorpcia ľahké	Izolácia ťažké
Trhy	Nábytky	Konštrukčné zariadenia

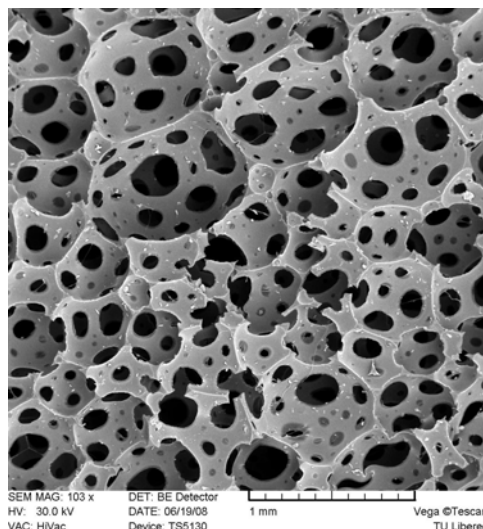
Tab. 1: Stručný popis pevnej a flexibilnej PU peny [7].

Zo všetkých PU produktov má flexibilná PU pena najvyššiu produkciu a široké využitie. Z hľadiska možného nastavenia fyzikálnych a mechanických vlastností sú PU peny veľmi variabilným materiálom.

Štruktúra PU pien

Základnou štruktúrnou bunkou je 3-dimenzálna sieť (12-boký päťhran). Medzi hlavné parametre bunky patria predovšetkým hrúbka steny, priemer bunky a veľkosť „bubliny“.

Rozlišujeme bunky s rovnakou štruktúrou a rozdielnou objemovou hmotnosťou alebo s rovnakou objemovou hmotnosťou a rozdielnou štruktúrou (obr.5). [8]



Obr. 5 PU pena [9]

PU vznikajú spojením (kombináciou) polyolov a izokyanátov. Pomer týchto dvoch zlúčenín bude určovať fyzikálne a chemické vlastnosti produktu. Polyoly tvoria tzv. mäkké segmenty. Zatiaľ čo izokyanáty zodpovedajú za tvrdé segmenty, ktoré prenášajú tuhosť polyméru. Rôzne molekulové hmotnosti poskytujú odlišné vlastnosti výslednej PU peny. Tab.2 ukazuje niekoľko komerčne dostupných polyizokyanátov a ich vybrané fyzikálne vlastnosti. [8, ASTM Standard Methods D-1564 and D-2406]

Názov	vzorec	Mw	Tm [°C]
2,4-Toluén diizokyanát (TDI)	$C_9H_6O_2N_2$	174,2	21,8
Difenylmetán-4,4'-diizokyanát (MDI)	$C_{15}H_{10}O_2N_2$	250,3	39,5
1,6-Hexan diizokyanát (HDI)	$C_8H_{12}O_2N_2$	168,2	-67
Hydrogenovaný MDI	$C_{15}H_{18}O_2N_2$	258,3	30
Izoferón diizokyanát (IPDI)	$C_{12}H_{18}O_2N_2$		-60
Naftalén diizokyanát (NDI)	$C_{12}H_6O_2N_2$		127

Tab. 2: Komerčne dostupné izokyanáty [10]

Hustota

Zo všetkých vlastností pien je objemná hustota jednou z najdôležitejších. Je to miera hmotnosti na jednotku objemu (množstva) vyjadrená v kg/m^3 .

$$\text{Hustota} = \frac{\text{hmotnosť}}{\text{dĺžka} \times \text{šírka} \times \text{výška}}$$

Je funkciou chemického zloženia peny a aditív, použitých k produkcii peny. Pre špecifické účely je vhodné použiť polymérnu hustotu peny alebo hustotu materiálu vyrobeného presne podľa chemického zloženia peny vrátane spevnenia alebo plniva. Hustota ovplyvňuje trvanlivosť peny a nosnosť (pena má schopnosť stlačiť sa po zaťažení objektom alebo osobou určitej hmotnosti. Typické pre hustotu peny je, že čím je vyššia hustota, tým lepšie si pena ponechá pôvodné vlastnosti a tým sú nižšie trvalé deformácie pri dynamickom namáhaní. [11]

Tuhosť

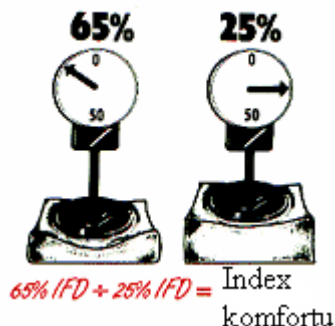
Tuhosť býva často označovaná ako IFD - Indentation Force Deflection, čo voľne preložené znamená deformáciu spôsobenú stlačením. Ide teda o stanovenie sily, ktorá spôsobí určitú deformáciu. Tvrdosť peny je do značnej miery závislá na hustote peny a z toho vyplýva, že vysoko hustotné peny budú vykazovať väčšiu tuhosť, ale v závislosti na chemickom zložení a štruktúre poznáme vysoko hustotné peny, ktoré sú mäkké a nízko hustotné peny, ktoré sú tuhé. Tuhosť úzko súvisí taktiež s komfortom.

Nosnosť - index komfortu

Nosnosť je označovaná ako SAG faktor. Ten súvisí s tuhosťou PU peny (IFD). Jeho hodnota je daná pomerom odporu proti stlačeniu pri 65 % a 25 % stlačení [ISO 2439]. Podporný faktor pre penu je v rozsahu od asi 1,5 do 2,6. Vyššie číslo znamená lepšiu schopnosť peny k poskytovaniu nosnosti. Typické je, že čím väčší je rozdiel medzi 25 % IFD a 65 % IFD, tým väčšia je schopnosť peny niesť záťaž a možnosť reagovať na premenlivý tlak.

To je určené pomerom IFD peny pri 25 % deformácii a 65 % deformácii. IFD 25 % odpovedá stlačeniu pri opretí rukou, IFD 65 % deformácii pri sadnutí. SAG

faktor, ktorý je považovaný za typickú úroveň PU peny má pri 25 % IFD a 65 % IFD hodnotu 2,0 (obr. 6).



Obr.6: Schematické znázornenie indexu komfortu [12]

SAG faktor peny ju ovplyvnil dvoma faktormi:

1. Hustotou peny. Obvykle, vyššia hustota peny zaistí jeho lepšiu nosnosť.
2. Chemickým zložením peny a výrobným postupom. Štruktúra buniek peny môže mať dopad na nosnosť. Chemické zloženie peny môžeme upraviť využitím špeciálnych chemikálií alebo upravením výrobného postupu, napr. použitím plnív pridaných počas spracovania zvýšia nosnosť.

Elasticita (hodnota hysterézie)

Hysterézia je používaná pre určenie elastických vlastností. Pri stlačení a následnom uvoľnení sa pena vracia do svojho pôvodného stavu s určitým oneskorením. Z toho vyplýva, že čím je oneskorenie kratšie, tým má pena vyššiu elasticitu a menšiu hysteréziu. Hysterézia ovplyvňuje schopnosť peny tlmiť dynamické účinky silového pôsobenia. Vyššia hysterézia vedie k lepšiemu tlmeniu.

Odpor proti stlačeniu

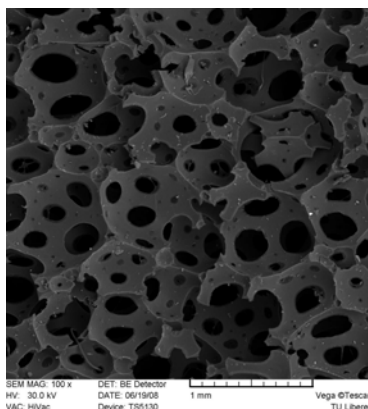
Každý užívateľ peny vníma tento parameter už pri prvom kontakte. Štandardne je udávaná ako sila potrebná k stlačeniu vzorku s definovanou plochou. Môžeme produkovať peny s rozdielnym odporom proti stlačeniu aj pri rovnakej objemovej hmotnosti. [12]

Pórozita

Pena je disperzný dvojfázový systém zložený z plynu rozptýleného v kvapalnej alebo pevnej fáze. Jemne rozptýlený plyn tvorí v pene bublinky s veľkým merným povrchom (obr.7). [13]

Štruktúra pórov vybranej peny môže byť opísaná v rozličných úrovniach:

- ✓ vzťahom medzi pevnou látkou a pórmí
- ✓ geometriou pórov alebo stien bunky (pre určenie pravidelnosti štruktúry pien)
- ✓ mikroštruktúrou bunkových stien [14]



Obr.7: PU pena[9]

Dôležitou charakteristikou pórov je porózita. Vyjadruje sa podielom objemu pórov k celkovému objemu peny:
$$\frac{V_{\text{pórov}}}{V_{\text{celkový}}} \times 100 \text{ (\%)} \quad (1)$$

Celkový objem pórov môžeme zistiť rozdielom recipročných hodnôt zdanlivej a skutočnej hustoty tuhej látky.

Objem póru, tj. objem vzduchu, je $V_c - V_p$ v danom útvere. [15]

Informácie o rozmeroch a rozdelení pórov môžeme získať:

- ✓ z hysterézných slučiek na adsorpčných izotermách (adsorpčnou hysterézou)
- ✓ optickými metódami - na mikroskopickom snímku výbrusu porézneho materiálu môžeme priamo zmerať veľkosť pórov
- ✓ ortuťovou porozimetriou [16]

$$\text{Pórozita je definovaná vzťahom: } \psi = \frac{V_c - V}{V_c} = 1 - \frac{V}{V_c} = 1 - \mu \quad (2)$$

Pórozita úzko súvisí so zaplnením, ktoré je dôležité z hľadiska priedušnosti. Pri stlačení peny dochádza k deformáciám vzduchových bubliniek - pórov natoľko, že pri max. stlačení dochádza k max. zaplneniu a uzavretiu pórov. [15]

Priedušnosť

Jedným z hlavných faktorov, ktorá ovplyvňuje výslednú odolnosť proti pôsobení vonkajších síl je priedušnosť, pretože optimálne správanie flexibilnej peny je pri maximálnej priedušnosti, ktorá je poskytovaná otvorenými bunkami. [12]

Priedušnosť je geometrická charakteristika súvisiaca so štrukturálnou črtou pórov a je to schopnosť materiálu prepúšťať tekutiny cez porézny materiál. Všeobecne je definovaná Darcyho zákonom:

$$\langle \underline{u} \rangle = - \frac{1}{v\rho} K \cdot \nabla \langle P \rangle, \quad (3)$$

kde u je rýchlosť tekutiny, v a ρ je viskozita a hustota tekutiny, P je tlak, $\langle u \rangle$ je objemový priemer a K je tenzor priedušnosti pórovitého média.

Analytické formulácie tohto zákona pre skúšanie priedušnosti pórov boli prezentované niekoľkými autormi a závisia na stupni zjednodušenia. [17]

Pri stlačení, resp. zaťažení sedačky vlastnou tiažou (hmotnosťou), vzniká čiastočná deformácia, pri ktorej rastie μ , pórovitosť klesá a tým sa znižuje priedušnosť.

2.1.3 Postup výroby PU sedačiek

Flexibilné a semi-flexibilné PU peny sú značne používané pre interiérové diely automobilov, v sedadlách (obr. 8), oporách pre hlavu, operadlách na ruky, strechách, palubných a prístrojových doskách. Pre každý sedadlový model majú výrobcovia danú formu v závislosti na type vozidla.

Pri technológii výroby PU sedačiek sa suroviny predmiešajú do dvoch oddelených zložiek – izokyanátovej a polyolovej. Týmito zložkami sa naplnia zásobníky špeciálneho dávkovacieho zariadenia – dispenzora. Dispenzor vytemperuje zložky na požadovanú teplotu (zväčša 25 – 50 °C) a v prípade dávkovania zmieša tieto zložky v presnom pomere a naplní ich do formy. Forma má tvar hotového výrobku. Do formy je možné pridať i napr. výstuhy alebo kotviace prvky, ktoré budú následne zapenené. Do 15 – 50 sekúnd od zmiešania začne prebiehať exotermická chemická reakcia, pri ktorej sa uvoľní oxid uhličitý, ktorý polymér napení. Odformovacie časy sa pohybujú od troch po niekoľko desiatok minút. Po vybratí výrobku z formy je nutné nechať ju určitú dobu zrať, najčastejšie okolo 24 hodín. [18]

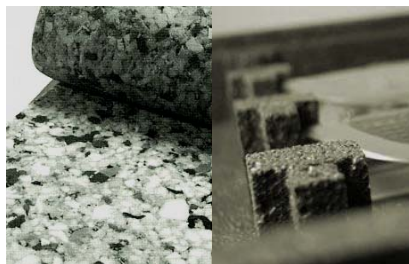


Obr. 8: Formy na vypeňovanie pre autosedačky [19]

2.1.4 Recyklácia flexibilnej PU peny

Z hľadiska životného prostredia poznáme a snažíme sa riadiť troma základnými zásadami, a to: Redukuj, Znovu použi a Recykluj. Splnenie týchto požiadaviek nie je vždy jednoduché. Vyplýva to z rôzneho zloženia výsledného produktu. Na začiatku alebo počas každej výroby máme už vznikajúci odpad, ktorý sa snažíme redukovať. Redukovaný odpad môžeme následne použiť, resp. využiť ako sekundárny materiál.

V súčasnej dobe je asi okolo 90 % penového odpadu opäť použitého pre alternatívny proces. Znovu spracované kusy pien sú rezané a používané takmer výhradne vo výrobe podkladu pre koberce (tlmenie, zmiernenie dopadu), ale taktiež aj v automobiloch ako distančné podložky, pomocou ktorých zabránime vibráciám. (obr.9). [20]



Obr. 9: Recyklovaná PU pena [20]

Efektívny spôsob chemickej recyklácie mäkkých PU pien predstavuje glykolýza. Recyklát môžeme úspešne aplikovať pri syntéze nových PU materiálov, predovšetkým PU pien bez toho, aby došlo k zníženiu kvality. [21]

I napriek tomu nie je pena považovaná za príliš vhodný materiál z hľadiska recyklácie, a preto je snaha tento materiál nahradiť iným, ekologicky prijateľnejším.

2.2 Vláknenná výplň

Z historického hľadiska sú vlákenné útvary známym výplňkovým materiálom, napr. v tzv. slamníkoch, kde boli používané vysušené stonky obilnín alebo tráv. Tieto materiály boli bežne používané i v 20.-tom storočí ako čalúnický materiál pre celú radu produktov. Výhodou tohto materiálu bola vysoká priedušnosť, dostupnosť, nízka cena a ľahké formovanie do požadovaného tvaru. Za nevýhodu týchto materiálov môžeme považovať podliehanie trvalej deformácie pri dlhodobom zaťažovaní. To sa podarilo z väčšej časti odstrániť chemickým spojením vlákenných vrstiev, ktoré sú známe ako gumožienky. Popis tohto typu materiálu bude uvedený v nasledujúcich kapitolách.

2.2.1 Výroba gumožien

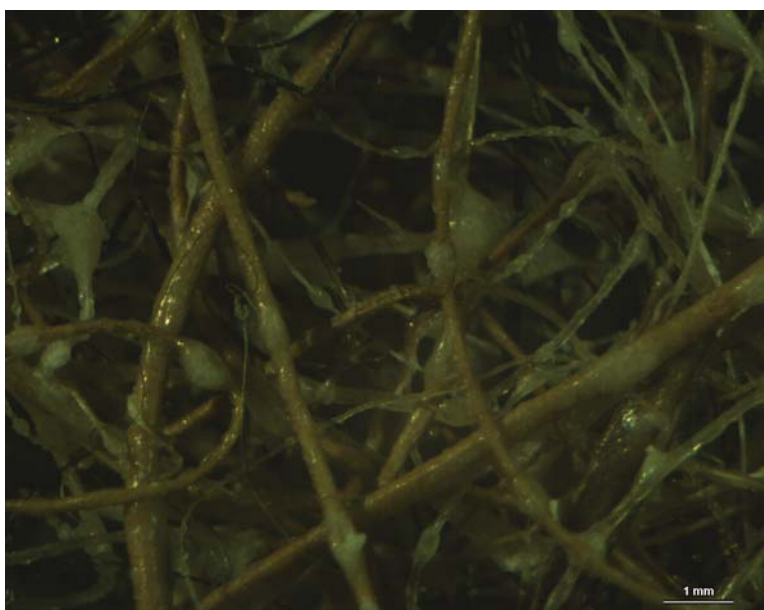
Výrobu gumožien môžeme zahrnúť do týchto operácií:

- ✎ príprava vlákennej suroviny
- ✎ tvorba rúna
- ✎ postrek pojivom
- ✎ vulkanizácia, spevnenie
- ✎ formátovanie
- ✎ tvarovanie a spevnenie
- ✎ pomocné procesy

Jednotlivé operácie sú opísane nižšie v kap. 2.2.3

2.2.2 Štruktúra gumožíň

Štruktúra gumožíň sa odvíja od množstva pojiva a od typu pojeného materiálu. Rúno z rastlinných a živočíšnych vlákien, najčastejšie kokosových vlákien a srsti zvierat, je pojené postrekom kaučukových alebo akrylátových pojív a pokrýva celý povrch vlákien. V mieste styku s ďalšími vláknami vytvára pevný väzný bod. Tým sa docieli vyššej tuhosti i pružnosti vlákien a zaistí sa odolnosť voči namáhaniu. Na obr. 10 je dobre viditeľné pokrytie vlákien pojivom i tvorba koráľkových efektov.



Obr. 10: Štruktúra gumožínky [9]

2.2.3 Postup výroby

Jednotlivé výrobné operácie sú opísané nižšie.

Príprava vlákenej suroviny

Vlákná, ktoré sú dodávané vo forme balíka alebo v povrazoch, sa najprv preparujú v autoklávoch. Tým je zaistené čistenie od prachu, blata, apod. a sterilizácia od mikróbov a hmyzu. Pre dosiahnutie optimálnej vlhkosti vlákien sú ponechané určitý čas vo vhodnom klimatizovanom prostredí.

Tvorba rúna

Z rozvoľnených vlákien, napr. mykaním, sa tvorí rúno. Výhodnejšie je ale použitie aerodynamických rúnotvoričov, a to z dôvodu zaistenia izotropnej štruktúry vzhľadom k danému spôsobu namáhania sedačiek.

Spevnenie, fixácia

Na rúno sa naniesie postrekom pojivo, a to najprv z jednej strany, potom nasleduje termická fixácia a následne nános z druhej strany. Opäť prebehne termická fixácia, pri ktorej sa odstráni vodný podiel disperzie. Pokiaľ sú použité latexové zmesi, dôjde pri zvýšenej teplote k sieťovaniu pojiva. Bežná teplota fixácie je medzi 105 – 120°C.

Formátovanie

Prevádza sa vysekávaním pomocou razníc alebo vyrezávaním niektorých dielov ručne. Cieľom je úprava zafixovaného rúna na požadovaný tvar.

Tvarovanie a spevnenie

Do formy, väčšinou viacdielnej (pre vytvorenie jednej časti sedačky), sa vkladajú pripravené, pojivom nastriekané, diely. Následne sa forma uzavrie a pri zvýšenej teplote sa pojivom štruktúra fixuje. Týchto foriem je v procese tvarovania niekoľko. Proces je teda značne časovo a strojne náročný.

Pomocné procesy

Sedačku je nutné po vulkanizácii ďalej spracovávať, a to pridaním airbagov, vysekaním rôznych potrebných otvorov. Taktiež sú u elektricky vyhrievaných sedačiek nutné topné rohože, výstuhy a polepy, ktoré znižujú trenie medzi kostrou sedačky a gumožíňou. Tým uľahčujú montáž a zabráňujú vrzganiu. V konečnej fáze sa na kostru sedačky nasadí gumožíňová časť a na ňu potáh. [22]

2.3 Materiály a postupy pre zaistenie zvýšenej priedušnosti automobilových sedačiek

Priedušnosť autosedačiek je v poslednej dobe veľmi sledovaný a riešený jav. Vzhľadom ku konštrukcii a použitému materiálu sedačky je nutné pre zvyšovanie priedušnosti hľadať nové cesty. Niektoré z nich sú nižšie popísané.

2.3.1 Komfortné vrstvy

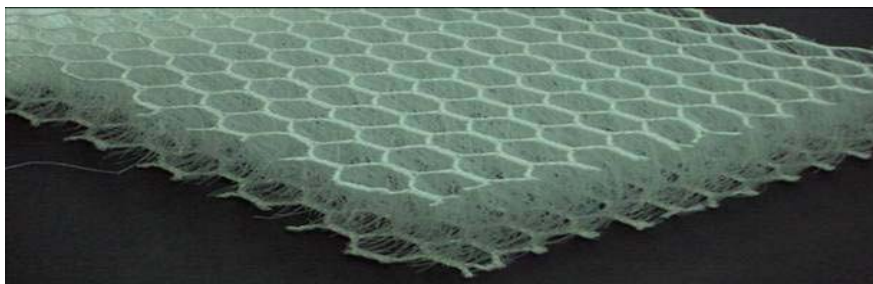
Distančné pleteniny

Distančné pleteniny alebo taktiež 3D pleteniny sú moderným typom technickej textílie (obr.11). Vznikajú previazaním dvoch plochých, nezávisle na sebe vytvorených pletenín ďalšou hustou sústavou nití.

Existujú dva typy 3D pletenín:

1. osnovne pletené – na rašlovom pletacom stroji s dvoma ihlami s drážkami (vrubmi).
2. útkovo pletené - na dvojitom džersejovom kruhovom pletacom stroji

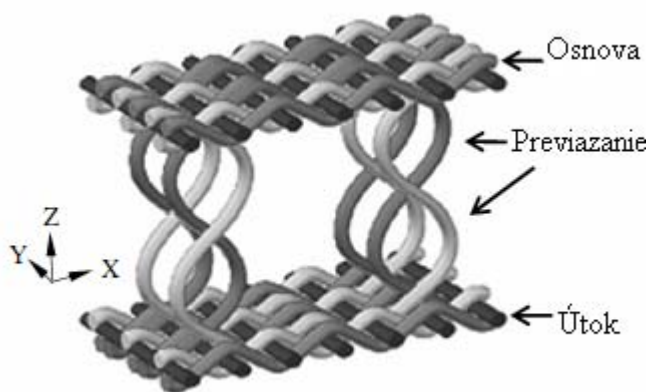
Voľba typu sa premietne predovšetkým u ťažnosti pletenín.



Obr. 11: 3D textília [23]

Mechanické vlastnosti štruktúry pleteniny (zvlášť stlačiteľnosť) sa dajú riadiť hustotou priečnych monofilov a vzdialenosťou medzi vrstvami (obr.12).

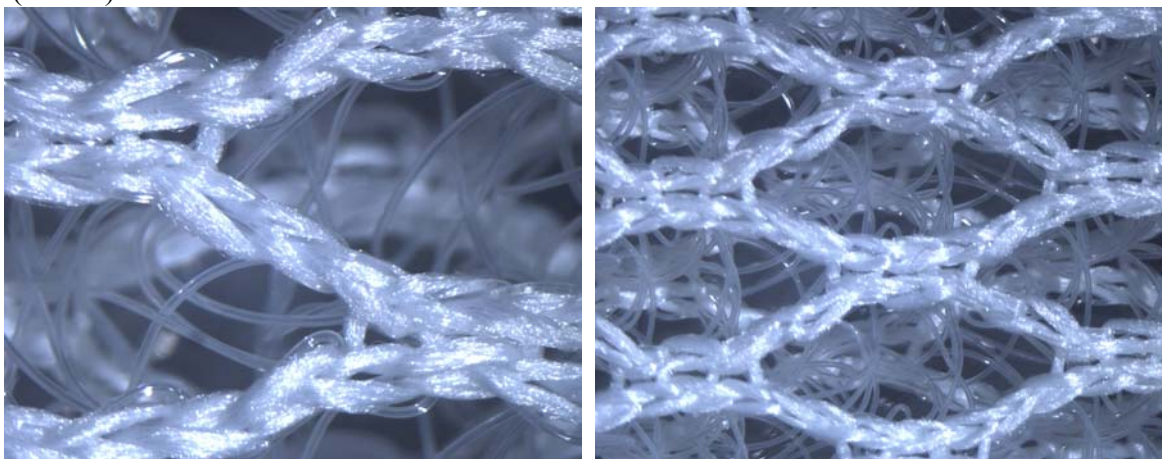
3D pleteniny sú všeobecne používané v rozmanitých produktoch ako napr. transportných textíliách ako sú poťahy autosedačiek, pokrytie a kryty palubných dosiek,..., priemyselné textílie, kompozity, medicínske textílie (ortézy), športové textílie, spodné prádlo (košíčky podprsenky, hygienické vložky pre plavky) alebo batohy (zadná časť, popruhy).



Obr. 12: Konfigurácia 3D textilie [24]

3D pleteniny sú vysoko priedušné, preto umožňujú dobrú priepustnosť pár a rýchle sušenie. Pre použitie u autosedačiek sú 3D pleteniny považované na rozdiel od PU peny za ekologicky prijateľné textilné materiály. A preto by mohli byť v budúcnosti používané ako náhrada PU pien. [23]

Pri použití v sedáku automobilovej sedačky zvyšujú komfort vďaka optimálnemu rozloženiu telesnej hmotnosti a zaisteniu lepšej ventilácie medzi jadrom sedačky a telom používateľa, pretože cirkulácia vzduchu zabraňuje absorpcii vlhkosti (obr.13).



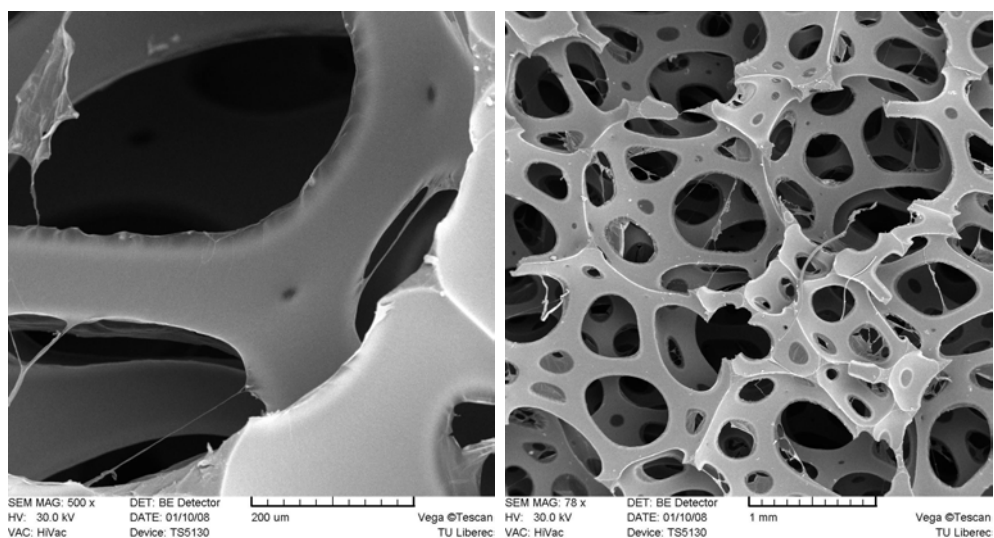
Obr. 13: distančná pletenina [25]

Istou možnosťou využitia 3D pleteniny sú poťahy sedačiek, ktoré sú konštruované tak, že problematické partie sú vyrobené z distančnej pleteniny, ktorá je vysoko priedušná. Má porézny charakter, čím zaisťuje komfort sedadiel. Používajú sa

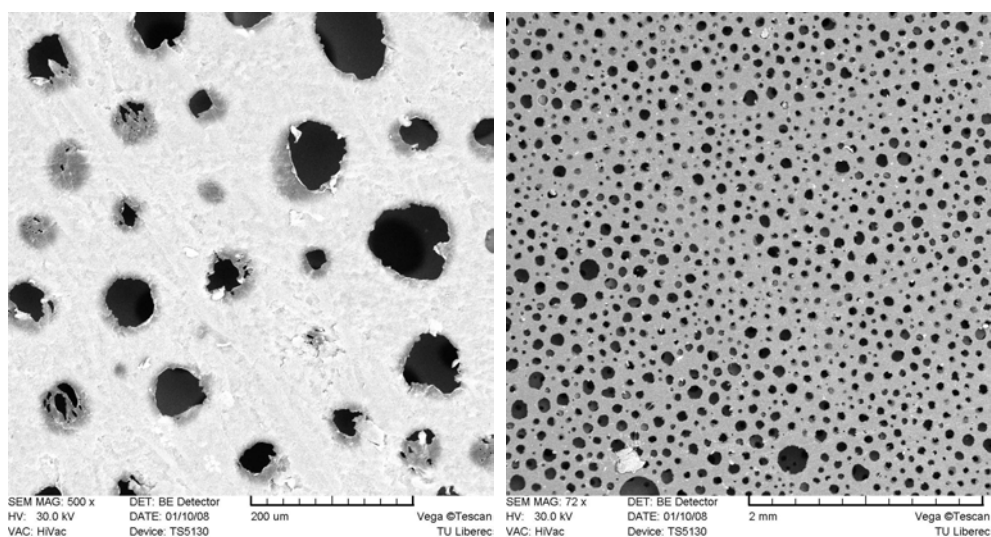
v rôznych hrúbkach, až do 15mm a môžu byť použité ako prídavné poťahy alebo poťahy, ktoré sú súčasťou sedačky priamo od výrobcu. [26]

PU peny so zvýšenou pórozitou

Pre tento účel sa používajú peny, ktoré majú vyššiu pórozitu v porovnaní so štandardnou PU penou použitou pre výrobu jadra autosedačky. Porézna pena má iné mechanické vlastnosti, a preto sa používa len v tenkej vrstve s hrúbkou okolo 20mm. Nejde o prídavnú vrstvu, ale vrstvu nahradzujúcu, tj. o túto hodnotu hrúbky je jadro PU peny znížené. Nahradzujúca pena sa pripevňuje lepením. Na snímkach (obr.14 a 15) je porovnanie pien s vyššou pórozitou s klasickou PU penou.



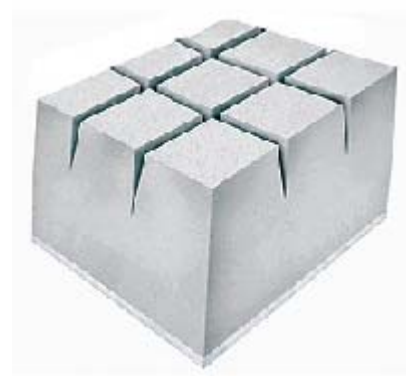
Obr. 14: PU so zvýšenou priedušnosťou[9]



Obr. 15: pena používaná pre lakeťné opierky[9]

2.3.2 PU pena so štruktúrovaným povrchom

Povrch peny môžeme pripraviť ako členitý. Týmto postupom môžeme meniť mechanické vlastnosti peny, ale najmä priedušnosť. Po zaťažení zostanú v pene otvorené kanáliky, ktorými môže prúdiť vzduch. Tento postup je známy aj z posteľových matrací a antidekubitných podložiek [27]. Členitý povrch



môžeme vytvoriť tvarovaním formy alebo následným prerezaním (obr.16). Inou variantou je opatrenie peny otvormi skrz celý prierez. Táto metóda sa príliš neosvedčila, pretože príliš malé otvory sa po deformácii uzavreli, veľké otvory zhoršovali mechanické a tlmiace vlastnosti a dochádzalo k borteniu peny.

Obr. 16: Prerezaný povrch PU peny [27]

2.3.3 Kombinácie pien s inými materiálmi

Skôr bola používaná taktiež kombinácia PU peny s pružinami alebo vlákennou výplňou. V literatúre sa tiež objavuje možnosť kombinácie peny s vlákennou vrstvou. Tieto postupy zaistili stenčenie PU vrstvy, ktorá v systéme tvorila prvok s najnižšou priedušnosťou. Od tohto postupu sa upustilo z dôvodu vyššej ceny. [28]

2.3.4 Systémy s núteným prúdením vzduchu

Pre komfortné sedadlá je možné použiť aktívne vetranie. Vzduch prúdi nútene vďaka ventilátorom perforovanou časťou sedáku i operadla (obr.17). To zaistí odvod vlhkosti pri potení, a to i pri vyšších teplotách. Intenzita vetrania môže byť regulovateľná, môžeme ju doplniť i klimatizovaním vzduchu (ohrev, chladenie). [29]



Obr. 17: Prúdenie vzduchu pomocou ventilátorov [29]

Výkonné nízkotlaké ventilátory sú vhodné pre prevzdušnenie v sedačkách, pretože ohrievajú vzduch iba nepatrne. Pomocou dozadu smerovaných lopatiek ventilátoru je dosahovaná vysoká výkonnosť a max. účinnosť. Rotory sú staticky a dynamicky vyvážené, aby boli na minimum znížené vibrácie aj hlučnosť. Výkonnosť ventilátoru sa v závislosti na zmenách prestupnosti vzduchu rôznymi pórmí v silu mení iba minimálne.

Ventilátory môžeme zostaviť buď so zvislým alebo vodorovným výstupom vzduchu. To umožňuje prispôbiť ich umiestnenie konkrétnym podmienkam. Často sa umiestňujú vedľa seba. [30]

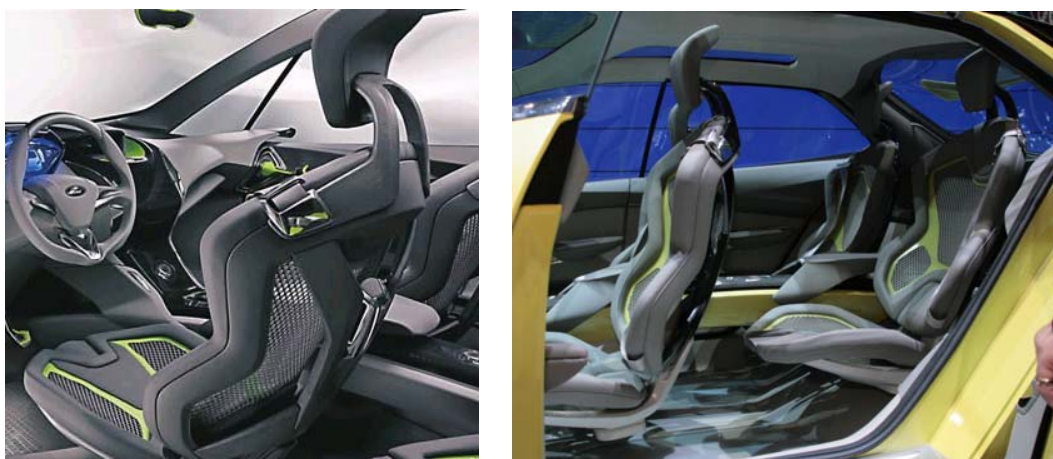
2.3.5 Materiály s fázovou zmenou

PCM je skratkou z anglického Phase Change Material, čo značí, že tieto materiály sú schopné meniť svoju fázu dodaním alebo odobratím tepla. Tuto fázovú zmenu je teda možné použiť pre uchovanie resp. uvoľnenie tepla [31], pretože k zmene skupenstva je nutné dodať alebo odobrať tzv. merné skupenské teplo, ktoré je vyššie v porovnaní s mernou tepelnou kapacitou materiálu. To teda znamená, že pre ohrev k teplote topenia spotrebujeme určité množstvo tepla, ale pre skupenskú zmenu musíme dodať ďalšiu, pomerne vysokú energiu. V prípade tuhnutia naopak materiál energiu uvoľňuje a tá môže byť využitá napr. k ohrevu potahu sedadla. V [32] je uvedená

možnosť aplikácie PCM v interiére automobilu pre zlepšenie tepelného komfortu posádky s možnosťou včlenenia PCM do rozmanitých častí interiéru ako stropných panelov, sedadiel (obr.18) a prístrojových dosiek. [článok] ukazuje i tepelnú bilanciu vybraných častí automobilu. Podmienkou použitia PCM je nastavenie vhodného rozsahu teploty fázovej premeny, napr. blízko teploty ľudského tela. Pre výrobu sú vhodné alkylové uhľovodíky a ich zmesi, soli hydrátov kovov, zliatin, polyalkoholy a eutektika. Môžeme ich zakomponovať priamo do použitých materiálov (elastomérov, pien, polymérov). Oblíbenou formou sú mikrokapsule, vo vnútri nich je vosk.



Obr. 18: Materiál s fázovou zmenou aplikovaný v sedadle [33]



Obr. 19: Sedačky so sieťovou štruktúrou [34]

Problematika recyklovateľnosti PU pien a legislatíva, ktorá požaduje stále vyššie využitie recyklovaných a recyklovateľných materiálov používaných v automobilovom priemysle, vedie výrobcov automobilov k hľadaniu nových riešení, ktoré môžu PU penu

nahradiť. Novinkou v oblasti sedačiek je koncept vozu Ford Iosis Max, ktorý bol predstavený na ženevskom autosalóne v roku 2009. Pena je nahradená sieťkou, ktorá tvorí nosnú časť sedačky (obr.19). Kostra sedačky je pokrytá mäkkčenými materiálmi z dôvodu ergonómie, bezpečnosti a pohodlia. V budúcnosti môžeme očakávať využitie tohto riešenia v masovom merítku. [34]

3. Postupy stanovenia priedušnosti

Priedušnosť úzko súvisí s pórozitou, pretože umožňuje vzduchu šíriť sa ňou práve pórmí. Existuje množstvo noriem, ktoré zisťujú priedušnosť nielen klasických, ale aj netkaných textílií a iných poréznych materiálov. Táto kapitola je preto venovaná prieskumu metód používaných pre stanovenie priedušnosti rôznych, predovšetkým textilných materiálov.

3.1 Štandardy

Norma **EN ISO 9237** (Zjišťování prodyšnosti plošných textilií) stanoví metódu pre meranie priedušnosti plošných textílií. Použiteľná je pre väčšinu typov priedušných plošných textílií ako aj priemyslových textílií pre technické účely, netkané textílie a textilné odevné výrobky.

Podľa tejto normy je priedušnosť definovaná ako rýchlosť prúdu vzduchu prechádzajúceho kolmo na plochu vzorku plošnej textílie pri špecifikovaných podmienkach pre skúšobnú plochu, tlakový spád a dobu.

Podstatou skúšky je meranie rýchlosti prúdenia vzduchu. Doporučená skúšobná plocha je 20 cm² a odporúčaný tlakový spád pre technické plošné textílie je 200 Pa. [35]

Norma **ASTM D737** (Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics). Podstatou skúšky je meranie množstva vzduchu, ktorý prechádza medzi protiľahlými plochami textílie, vzťahnutej k testovanej ploche a času, merané pri štandardizovanom tlakovom spáde (obvykle 20 mm H₂O).

Veľkosť testovacej plochy je 20 - 50 cm² (príp. menšia), tlakový spád je v rozsahu 0 - 200 mm H₂O, prietok je v rozsahu 4 - 8000 l.hod⁻¹.

Podľa normy **EDANA 140.1 standard** (European Disposables and Nonwovens Association) je priedušnosť definovaná podľa nasledujúceho vzorca:

$$M_s = \frac{Q}{A}, \quad (4)$$

kde M_s je priedušnosť ($\text{l.dm}^2.\text{min}^{-1}$), Q je prúdenie (l.min^{-1}) a A je povrch.

Priedušnosť je testovaná s tlakovým spádom 196 Pa (98,1 Pa pre istý štandard).

Norma **INDA 70.1 – 92** (Air permeability), (International Nonwovens and Disposable Association) [36]

Dôležitým poznatkom je, že všetky používané normy sú vhodné pre materiály v plošnej forme, resp. v objemnej, ale nie je zohľadnená možnosť deformácie štruktúry a tým i zmena priedušnosti.

3.2 Teoretický podklad pre stanovenie priedušnosti

Z dôvodu overenia priedušnosti bolo nutné vychádzať z istých zákonov, ktoré sú viac rozpísané v kap. 3.2.1 a 3.2.2.

3.2.1 Hagen-Poiseuillov zákon

Priepustnosť je objemový tok vzduchu cez látku vyvolaný gradientom vonkajšieho tlaku. Tlakový rozdiel, pri určitom pomere, urýchli prúdenie vzduchu v kapiláre v smere nižšieho tlaku.

Vzťah medzi rýchlosťou prúdenia φ [$\text{m}^3.\text{s}^{-1}$] a tlakovým spádom Δp [Pa] cez kapiláru je popísaný Hagen-Poiseuilleovým zákonom:

$$\Delta p = \frac{8\eta l \varphi}{\pi r^4}, \quad (5)$$

kde η [Pa.s^{-1}] je viskozita, l [m] je dĺžka a r [m] polomer kapiláry

Princíp, ktorého objem homogénnych tekutín prechádza za jednotku času cez kapiláru je priamo úmerný tlakovému spádu medzi jeho koncom a štvrtej mocnine vnútorného polomeru a nepriamo úmerný jeho dĺžke a viskozite kvapaliny.

Dĺžka a vnútorný priemer kapiláry určujú rozsah prúdenia tekutín pomerom, ktorý môžeme získať v priebehu určitého tlakového spádu. Pre stanovenie požadovaného pomeru prúdenia vychádzame z tlaku, a to z dôvodu variability.

Hagen-Poiseuilleov zákon môžeme aplikovať iba pre nestlačiteľné tekutiny v laminárnom prúdení (systéme). Reynoldsovo číslo (Re (-)) charakterizuje systém prúdenia:

$$Re = \frac{2\rho vr}{\eta}, \quad (6)$$

kde ρ je hustota ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) a v je lineárna rýchlosť ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). Systém prúdenia v trubici je laminárny, ak je Reynoldsovo číslo menšie než 2000, pri vyššom Re č. prúdenie systému prechádza k turbulentnému prúdeniu. [37]

3.2.2 Darcyho zákon

Darcyho zákon je zjednodušením Hagen-Poiseuillova zákona a vďaka svojej jednoduchosti sa často používa pri charakterizovaní prúdenia v póroch. Relatívne dobre pracuje aj pri nízkych rýchlostiach prúdenia. Pôvodne bol vyvinutý pre popis rýchlosti prietoku tekutín pevným poréznym telesom a neskôr zobecnený, ktorý sa používa dodnes. Matematicky je definovaný ako:

$$Q = k \times F \frac{h_a - h_b}{L} \quad (7)$$

kde Q je prietok prenikajúcej tekutiny v $\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}$

k je tzv. *Darcyho konštanta*

F je plocha v cm^2 , ktorou prúdiace médium preteká

h_a je tlak v mieste vtoku média do materiálu

h_b je tlak v mieste výtoku média z materiálu

L je vzdialenosť medzi miestami a a b

Experimentálne, pre každý skúmaný materiál môžeme určiť veľkosť Darcyho konštanty:

$$k = \frac{Q \times L}{F \times (h_a - h_b)} \quad (8) \quad [38]$$

Podľa Darcyho zákona je závislosť rýchlosti tekutín na tlakovom spáde lineárna. S rastúcou rýchlosťou dochádza k plynulému odklonu od tohoto zákona, a to od určitej medze. Z toho dôvodu môžeme kritickú medzu charakterizovať Reynoldsovým číslom Re , ktoré vyjadruje pomer zotrvačných a viskózných síl. V prúdení tekutín sa Re č. používa ako kritérium k odlíšeniu laminárneho prúdenia nastávajúcim pri malých rýchlostiach a turbulentného prúdenia pri vyšších rýchlostiach tekutín. Aby bolo prúdenie laminárne, musí byť Re č. definované vzťahom:

$$\text{Re} = \frac{r \rho v}{\eta}, \quad (9)$$

kde ρ je hustota tekutiny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], v je špecifická rýchlosť $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, r je priemer kapiláry [m] a η je dynamická viskozita prúdenia [$\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$], menšie ako 10^3 .

4. Experimentálna časť

4.1 Cieľ experimentu

Cieľom experimentálnej časti bolo navrhnúť zariadenie a metodiku merania priedušnosti stlačiteľných poréznych materiálov zaťažených tlakovou silou, ktoré by bolo využiteľné pre meranie priedušnosti predovšetkým automobilových sedačiek. Ďalším cieľom je overiť a aplikovať danú, resp. zvolenú metodiku na prispôsobenom zariadení a v neposlednej rade posúdiť vhodnosť metodiky overovacím meraním. Z dôvodu utajenia navrhutej a schválenej metodiky i samotného meracieho zariadenia bude jej popis len obecný.

4.2 Použité zariadenie

4.2.1 Skenovací elektrónový mikroskop VEGA-TESCAN

Pre pozorovanie deformácie štruktúry PU pien bol použitý rastrovací elektrónový mikroskop. Je to prístroj, ktorý využíva elektrickým poľom urýchlené elektróny. Tie sa pohybujú po povrchu preparátu. Pre pohyb sa využíva elektromagnetické šošovky. Dráha pohybujúcich sa elektrónov je ovplyvnená magnetickým poľom. Výsledný obraz je tvorený pomocou sekundárnych signálov – odrazených alebo sekundárnych elektrónov a je pozorovaný na luminiscenčnom tienitku alebo snímaný CCD kamerou. Celý systém je umiestnený vo vákuu, a to z dôvodu interakcií elektrónov s atmosférou.

Výhodou je veľká hĺbka ostrosti, pretože medzná rozlišovacia schopnosť mikroskopu je úmerná dĺžke vlnového elektrónového žiarenia, ktorá je oveľa kratšia než u viditeľného žiarenia.

Zariadenie poskytuje kompletnú informáciu o mikroštruktúre, ale i o ďalších vlastnostiach skúmanej vzorky. [39]

4.2.2 Zariadenie pre naprašovanie vzorku kovom

Používa sa pre zvýšenie povrchovej vodivosti preparátu, pretože suché objekty sú tepelne a elektricky nevodivé. Pri pozorovaní v SEM dochádza k nabíjaniu rastrovaného povrchu primárnych elektrónov, a to sa prejavuje stratou ostroty a deformáciou. Negatívne prejavy môžeme eliminovať tým, že preparát pokryjeme vrstvičkou kovu s hrúbkou 10 – 20 nm. Naprašovaním sa zvyšuje produkcia sekundárnych elektrónov, odvádza sa negatívny náboj a minimalizuje sa poškodenie preparátu teplom, ktoré vzniká uvoľnením brzdiacich sa primárnych elektrónov. Naprašovanie je založené na princípe roztavenia naparovaného materiálu na teplotu, kedy sa začína odparovať. Častice nanášaného materiálu sú z materiálu uvoľňované dôsledkom jeho zahrievania v uzavretom systéme. V ňom sa ustáli rovnovážny tlak (tenzia nasýtených pár). Ku kondenzácii pár dochádza, ak je v tomto systéme porušená rovnováha a v určitom mieste je teplota nižšia. Tým sú vytvorené podmienky pre prenos materiálu z miesta s vyššou teplotou (z výparníka) do miesta s teplotou nižšou (na podložku, na ktorej rastie tenká vrstva). Ohrievanie materiálu pre vyparovanie môže byť zaistené iontovým zväzkom. Celý proces naparovania prebieha vo vákuu $10^{-4} - 10^{-6}$ Pa z dôvodu zväčšenia strednej voľnej dráhy molekúl nanášaného materiálu. Pre naprašovanie vzorku bolo použité zariadenie SCD 030 BALZERS UNION, kovovým materiálom bola platina.

4.3 Návrh a realizácia zariadenia pre vizuálne hodnotenie zmien štruktúry vzorky pri deformácii

Vzhľadom k tomu, že sa v literatúre nevyskytujú informácie o hodnotení zmien štruktúry PU pien pri procese stlačovania, bol prevedený experiment, ktorý vizuálne hodnotí vplyv tlakovej sily na pórozitu PU peny. Aby bolo možné posúdiť vplyv tlakovej sily na pórozitu materiálu bolo nutné vytvoriť taký prípravok, ktorý umožní skúmaný materiál stlačiť na potrebnú hodnotu deformácie (obr.20). Prípravok bol najprv zamýšľaný pre použitie s optickým mikroskopom, ktorý však neposkytuje dostatočnú hĺbku ostroty. Preto bol vytvorený prípravok nový, ktorý bolo možné umiestniť do komory elektrónového mikroskopu. Prípravok sa skladá z dvoch častí, a to z pevnej základne, na ktorú sa pokladá vzorka a z pohyblivej časti, ktorá je na jednej strane umiestnená na čape, okolo ktorého sa môže otáčať. Na opačne strane prípravku je

v základni i pohyblivej časti otvor, do ktorého sa vkladá čap. Ten zaistí, že vzorka je deformovaná do tvaru klina a vzorku postupne stlačuje od nulovej deformácie až po hodnotu 90 %. Pre lepšiu orientáciu v elektrónovom mikroskope je hrana prípravku opatrená stupnicou, ktorá má interval 10 %.



a) prípravok po vložení vzorky

b) prípravok s deformovanou vzorkou

Obr. 20 Prípravok pre vizuálne hodnotenie zmien štruktúry PU peny pri zaťažení tlakovou silou

4.3.1 Postup stanovenia vplyvu deformácie na zmenu štruktúry PU peny

Najprv sa pripravila vzorka PU peny s rozmermi 10x7x50mm. Vzorka sa vložila do prípravku a pohyblivá časť prípravku bola pootočená tak, aby bolo možné vložiť poistný čap. Prípravok so vzorkou bol vložený do komory naprašovacieho zariadenia a pokrytý vrstvou platiny. Takto pripravenú vzorku bolo možné vložiť do komory elektrónového mikroskopu, v ktorom bola pozorovaná postupná deformácia vzorku od 0 % deformácie až po hodnotu 80 %.

4.4 Návrh a realizácia zariadenia pre stanovenie priedušnosti za prevádzkových podmienok

Vzhľadom k tomu, že zariadenie pre tento účel neexistuje, bolo potrebné také zariadenie navrhnuť a skonštruovať. Zariadenie sa skladalo z časti pre meranie priedušnosti a tlakového spádu a stlačovacieho zariadenia, ktoré umožní docieľiť stav, v ktorom sa nachádza skúmaný materiál pri prevádzkových podmienkach.

Zariadenie by malo spĺňať nasledujúce požiadavky:

- ↪ schopnosť merať priedušnosť pri veľkých rozsahoch
- ↪ umožniť dosiahnutie vysokých tlakových spádov
- ↪ presnosť a reprodukovateľnosť merania

Zariadenie sa skladá z nasledujúcich častí, ktoré budú podrobnejšie popísané nižšie.

4.4.1 Zaťažovacie teleso

Zaťažovacie teleso je navrhnuté tak, aby bolo schopné sať vzduch z meranej vzorky. Preto je časť plochy telesa, ktorá je v styku s podložkou, opatrená otvormi. Ich rozmiestenie je dané požiadavkami na stanovenie komfortu v kritických oblastiach sedačky. Horná časť je usposobená pre upevnenie k zaťažovaciemu zariadeniu a opatrená vývodmi podsávaného vzduchu. Tie sú navzájom oddelené, aby bolo možné posúdiť priedušnosť v rôznych častiach sedačky. Zaťažovacie teleso je dostatočne tuhé, aby pri stlačení nedochádzalo k jeho deformácii.

4.4.2 Potrubie pre vedenie vzduchu

Zaťažovacie teleso je s meracou časťou a sacím zariadením prepojené vrapovanou hadicou, ktorá umožňuje reguláciu dĺžky. Takisto ju môžeme prepojovať medzi výstupom podsávaného vzduchu z vrchných častí zaťažovacieho telesa. Dvojica sacích hadíc, ktoré sú pred vyústením z meracej časti spojené v jednu, sú použité medzi dmýchadlami a meracou časťou.

4.4.3 Meracia časť

Tvorená je potrubím, v ktorom je zakomponovaný digitálny anemometer. Anemometer je umiestnený v dostatočnej vzdialenosti od miesta, kde dochádza k zmene prierezu vedenia vzduchu, preto je jeho dĺžka pomerne veľká. V opačnom prípade by dochádzalo k vzniku náhodilej chyby a k vzniku nepresnosti pri meraní. Medzi tvarovkou a meracou časťou je ďalej umiestnený merač podtlaku.

Digitálny anemometer

Pre meranie rýchlosti prúdenia je použitý precízny merací prístroj pre meranie rýchlosti prúdenia vzduchu. Prehľadný displej anemometru zobrazuje súčasne rýchlosť prúdenia a teplotu meraného média. Prístroj umožňuje zobrazenie rýchlosti prúdenia v m.s^{-1} alebo f.s^{-1} a taktiež aj zobrazenie teploty v $^{\circ}\text{C}$ alebo $^{\circ}\text{F}$. Prístroj je vybavený komunikačným rozhraním RS 232 pre pripojenie k PC.

Merač podtlaku

V meracej časti je umiestnené čidlo digitálneho merača podtlaku, ktorý stanovuje hodnotu tlakového spádu. Rozsah hodnôt je 0 až 1500 kPa, čo je dostatočná hodnota pre zamýšľaný typ vzoriek.

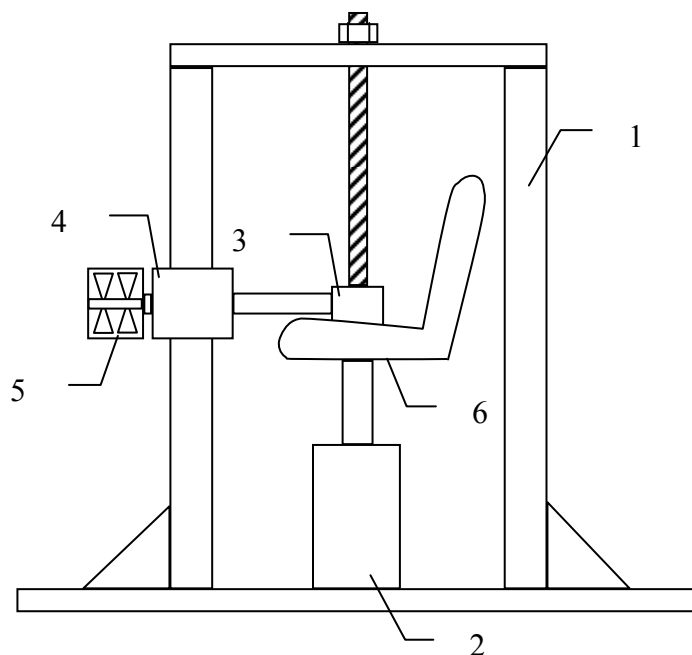
4.4.5 Zdroj podtlaku

K vytvoreniu podtlaku boli použité dve dúchadlá, aby bolo zaistené dostatočné množstvo prúdiaceho vzduchu aj potrebný podtlak. Podtlak i množstvo vzduchu môžeme regulovať pomocou klapiek, pričom jedna prisáva vzduch z okolia a druhá znižuje prierez potrubia, ale aj reguláciou výkonu motorov dúchadiel.

4.4.6 Stlačovacie zariadenie

Umožňuje dosiahnuť dostatočné stlačenie sledovaného materiálu. Stlačovanie je prevádzané zaťažovacím telesom, ktoré je umiestnené na, pre tento účel, usposobenom zariadení. V tomto prípade bolo použité zariadenie Katedry častí a mechanizmů strojů. Zariadenie sa skladá z univerzálneho kotviaceho rámu a hydraulického motoru. Meraná vzorka je upevnená na motore, zaťažovacie teleso je prichytené k rámu. Počítačové riadenie umožňuje prevádzať zaťažovanie ľubovoľnými priebehmi signálov, vrátane náhodných alebo reálnych signálov nameraných v prevoze.

Usporiadanie celého zariadenia je zrejmé z obrázku 21.



Obr.21: 1 Schéma a popis zariadenia pre skúšanie priedušnosti
1 - Rám; 2 - Hydraulický motor; 3 – Zaťažovacie teleso; 4 – Meracia časť; 5 –
Dúchadlo; 6 - Sedačka

4.5 Postup merania - návrh metodiky merania priedušnosti za prevádzkových podmienok

Metodika je založená na meraní priedušnosti poréznych materiálov za prevádzkových podmienok.

Postup merania bol nasledovný:

- ↪ Vzorka sa stlačovala o určitú hodnotu deformácie
- ↪ Pri každej hodnote deformácie bola ihneď zmeraná priedušnosť v rôznych častiach vzorku
- ↪ Postup sa opakoval i po určitej časovej prodleve z dôvodu relaxácie materiálu
- ↪ Hodnoty priedušnosti boli vynesené do grafu ako závislosť priedušnosti na deformácii vzorky.

Priedušnosť R [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] sa vypočíta podľa vzorca:

$$R = v \cdot P, \quad (10)$$

kde v je rýchlosť prúdiaceho vzduchu v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ a P je plocha kanálu v m^2 , ktorá má

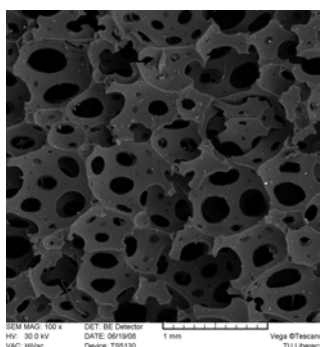
kruhový prierez. Z toho vyplýva, že $P = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ (11)

Vzhľadom k nižšej priedušnosti autosedačiek je lepšie použiť jednotku l.s^{-1} .

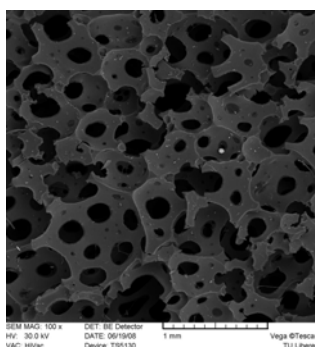
5. Výsledky

5.1 Pozorovanie deformácie štruktúry PU peny

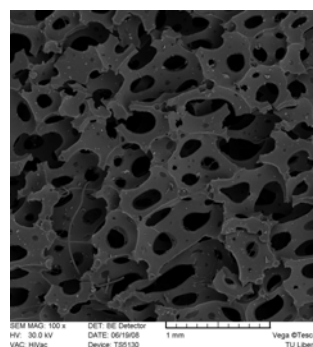
Dva odlišné druhy pien používané pre automobilové sedačky boli podrobené skúmaniu zmeny štruktúry v závislosti na veľkosti deformácie. Hodnota deformácie bola v rozmedzí 0 – 80 %. Použitie vyšších hodnôt nie je z hľadiska použitia autosedačiek zmysluplné, pretože ich pri používaní môžeme dosiahnuť len v extrémnych situáciách, a to po veľmi krátku dobu, napr. pri kľáčaní na sedačke, pri náraze apod. Na prvej sérii snímok (obr.22) a – i je pena o objemovej hmotnosti 58kg.m^{-3} . Ako je viditeľné, k výraznejšej deformácii dochádza už pri deformácii okolo 30 %. Póry sú už čiastočne uzavreté, a preto môžeme očakávať výraznejší pokles priedušnosti. Pri deformácii 60 % je už štruktúra v podstate uzavretá a priedušnosť bude pravdepodobne veľmi znížená.



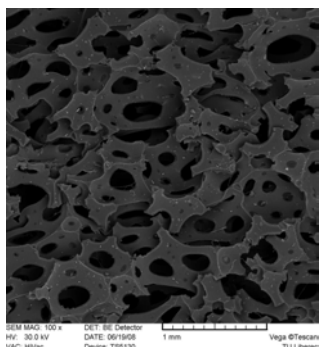
a) Deformácia 0%



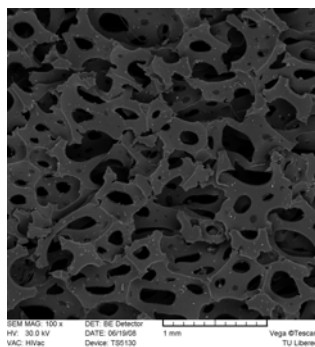
b) Deformácia 10%



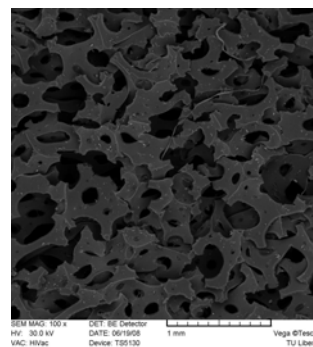
c) Deformácia 20%



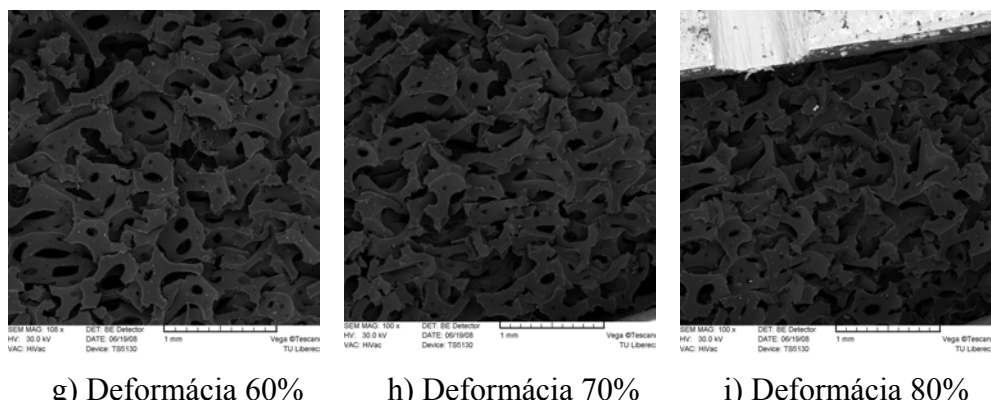
d) Deformácia 30%



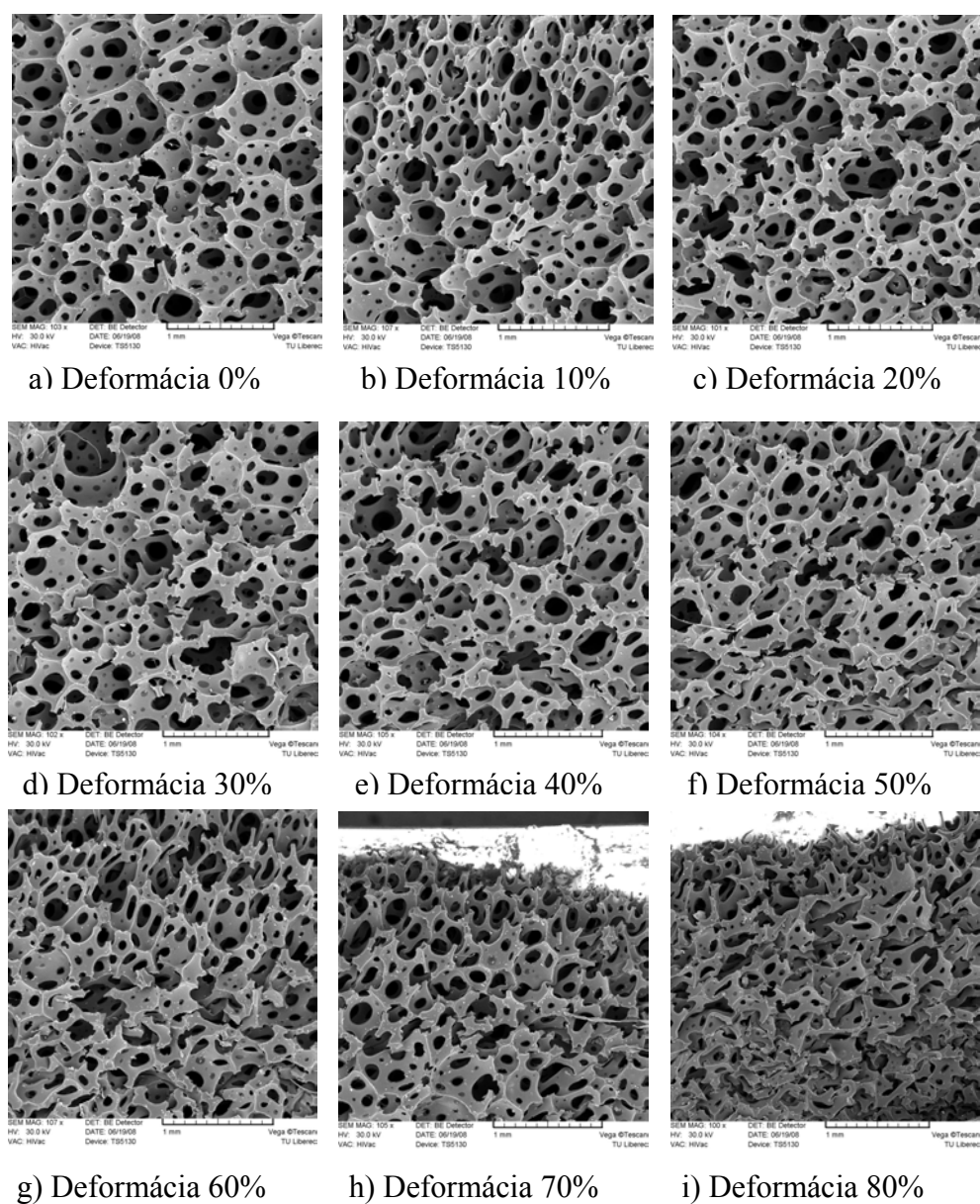
e) Deformácia 40%



f) Deformácia 50%



Obr. 22 Priebeh deformácie buniek PU peny o hustote 58kg.m^{-2} [9]



Obr. 23 Priebeh deformácie buniek HDF PU peny.

Na sérii snímkov (obr.23) a – i je tzv. HDF pena, teda vysokohustotná pena. V priebehu stlačovania je deformácia štruktúry odlišná. Môžeme pozorovať, že štruktúra zostáva otvorená až do hodnoty deformácie 50 % a ani 70 % deformácie nespôsobí úplne uzavretie pórov. Môžeme teda očakávať vyššiu priedušnosť v porovnaní so štandardnou penou. Uzavretie pórov nastane až u hodnoty deformácie 80 %.

5.2 Overovanie zariadenia a metodiky

Za prevádzkových podmienok bola aplikovaná navrhnutá metodika. K dispozícii boli použité dve vzorky – autosedačky, ktoré sú pre účely merania označené ako A a B. Sedačky používajú rovnaký rám, líšia sa použitou PU penou a poťahom. Meranie bolo podľa metodiky prevedené v dvoch rôznych častiach 1 a 2, a to vždy ihneď po zaťažení tlakovou silou, a potom po relaxácii napätia. Tlakový spád bol zvolený tak, aby umožňoval stanovenie priedušnosti v celom rozsahu deformácie. Hodnoty priedušnosti sú uvedené v tabuľkách č. 3, 4, 5 a grafoch 1 a 2, kde je vynesená hodnota priedušnosti v závislosti na deformácii sedačky. Prevedené meranie prebiehalo za prevádzkových podmienkach pri teplote 22,1 °C a pri určitom stanovenom tlakovom spáde u oboch autosedačiek rovnako.

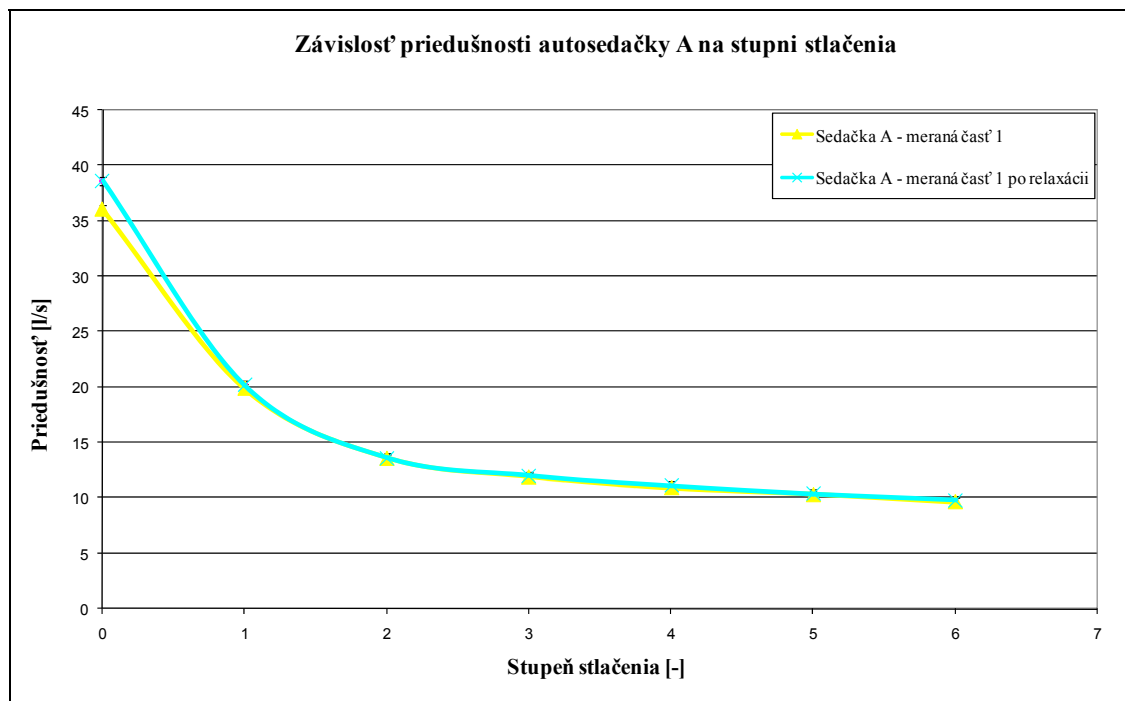
Autosedačka A

U autosedačky A bola meraná priedušnosť len v časti 1, a to z dôvodu rovnakého tkaninového poťahu v celej meranej časti. Z uvedených výsledkov je viditeľné, že v závislosti na stupni stlačenia sa priedušnosť vplyvom tlakovej sily znižuje. Priedušnosť autosedačky A meranej časti 1 je po relaxácii v porovnaní s priedušnosťou meranou okamžite po zaťažení nepatrne vyššia.

	Sedačka A – priedušnosť meraná v časti 1						
Stupeň stlačenie [-]	0	1	2	3	4	5	6
Rýchlosť _{zač} [m/s]	9,37	5,17	3,53	3,09	2,83	2,68	2,51
Priedušnosť [l/s]	36,06	19,90	13,59	11,89	10,89	10,31	9,66
	Sedačka A – priedušnosť meraná v časti 1 po relaxácii						
Rýchlosť _{relax.d.} [m/s]	10,04	5,25	3,54	3,12	2,89	2,70	2,54
Priedušnosť [l/s]	38,64	20,20	13,62	12,01	11,12	10,39	9,78

Tab. 3: Porovnanie vplyvu stupňa stlačenia a relaxačnej doby na priedušnosť v meranej časti 1

Autosedačka B



Graf 1: Vplyv priedušnosti na stupni stlačenia u autosedačky A

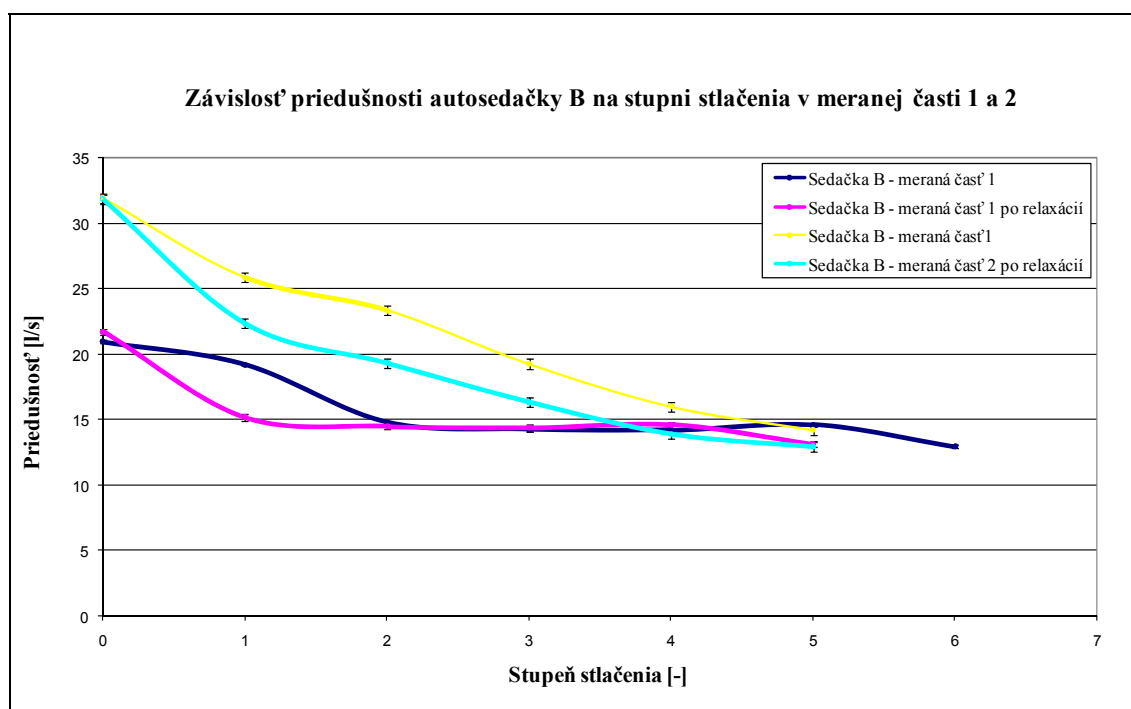
Meranie u autosedačky B typu RS meshblack bolo aplikované nielen v časti 1, ale aj v časti 2, a to z dvoch dôvodov. Prvým dôvodom je odlišný materiál, resp. materiál zložený z dvoch častí, a to tkaniny a perforovanej kože. Rôznorodosť materiálu vplýva na priedušnosť. Druhým dôvodom je, že sedačku v reále zaťažujeme v časti 1 aj v časti 2, i keď najväčšie zaťaženie vplývajúce na priedušnosť je v časti 1, ako je to viditeľné z tab. 4 a tab.5.

Sedačka B - priedušnosť meraná v časti 1						
Stupeň stlačenie [-]	0	1	2	3	4	5
Rýchlosť _{zač} [m/s]	5,45	5,00	3,85	3,71	3,70	3,80
Priedušnosť [l/s]	20,97	19,24	14,82	14,28	14,24	14,62
Sedačka B - priedušnosť meraná v časti 1 po relaxácii						
Rýchlosť _{relax.d.} [m/s]	5,65	3,95	3,77	3,74	3,8	3,42
Priedušnosť [l/s]	21,75	15,20	14,51	14,39	14,62	13,16

Tab. 4: Porovnanie vplyvu stupňa stlačenia a relaxačnej doby na priedušnosť v meranej časti 1

	Sedačka B - priedušnosť meraná v časti 2					
Stupeň stlačenia [-]	0	1	2	3	4	5
Rýchlosť _{zač} [m/s]	8,30	6,73	6,07	5,01	4,16	3,70
Priedušnosť [l/s]	31,94	25,90	23,36	19,28	16,01	14,24
	Sedačka B - priedušnosť meraná v časti 2 po relaxácii					
Rýchlosť _{relax.d.} [m/s]	8,28	5,81	5,03	4,25	3,62	3,37
Priedušnosť [l/s]	31,87	22,36	19,36	16,36	13,93	12,97

Tab. 5: Porovnanie vplyvu stupňa stlačenia a relaxačnej doby na priedušnosť v meranej časti 2



Graf 2: Vplyv priedušnosti na stupni stlačenia u autosedačky B

Z uvedených tab. 4 a 5 a daných výsledkov meranej časti 1 a 2 sú hodnoty priedušnosti v časti 2 spočiatku vyššie, ale vplyvom stupňa zaťaženia sa v poslednej tretine takmer zhodujú s výsledkami priedušnosti v časti 1, a to aj po relaxačnej dobe.

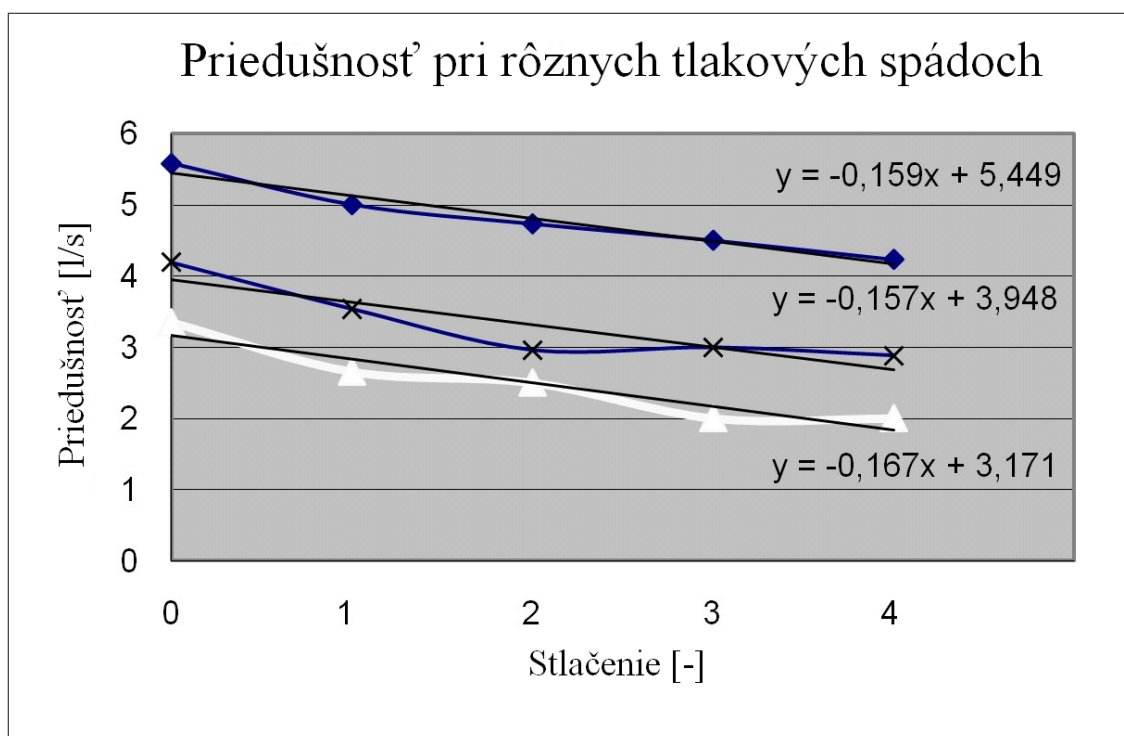
6. Diskusia

Pomocou skonštruovaného prípravku boli na elektrónovom mikroskope urobené snímky vplyvu deformácie na štruktúru PU peny. Zo snímok je zrejmé, že na prvý pohľad zhodná štruktúra v zmysle pórozity i veľkosti buniek, sa môže chovať pri deformácii celkom odlišne. Snímky ukazujú, že bežná pena sa uzatvára podstatne

rýchlejšie. Z hľadiska priedušnosti sa jedná o negatívny jav, pretože jej hodnota sa bude rýchle znižovať s rastúcou deformáciou. Ako u hodnôt deformácie okolo 40 %, ktoré sú za prevádzkových podmienok bežné, dôjde k výraznému zníženiu priedušnosti, ktoré sa prejaví ako diskomfort. Naproti tomu, vysokohustotná pena tento jav nevykazuje a štruktúra zostáva dlhšie otvorená. Bude teda taktiež priedušnejšia. Dokonca ani u hodnôt blížiacich sa 70 % deformácií nenastáva úplne uzavretie a štruktúra bude i v týchto medzných hodnotách deformácie schopná poskytnúť určitú mieru priedušnosti. Príčinu tohto rozdielu môžeme hľadať v odlišnom deformačnom mechanizme, kedy u HDF peny sa deformácia prejavuje viac ako stlačovanie stien bunky a jej deformovanie než jej hrútenie a uzavieranie sa. Z hľadiska praktického použitia je teda vhodné použiť penu s podobným deformačným mechanizmom, pretože môžeme očakávať vyššiu priedušnosť a jej pomalší a rovnomernejší pokles.

Z výsledkov je patrné, že zariadenie umožňuje vďaka širokému rozsahu stanoviť meracej časti priedušnosť za prevádzkových podmienok. Je dobre patrné, ako je odlišná priedušnosť v rôznych častiach sedačky. Táto odlišnosť je daná nielen hodnotou deformácie PU peny, ale taktiež konštrukciou poľahu i členitosťou peny. To je zrejmé i z relatívne rýchleho poklesu priedušnosti i pri nízkych hodnotách deformácie. To môžeme vysvetliť tým, že kanáliky pre upevnenie poľahu, ktoré sú v pene vytvorené, sú spočiatku otvorené, ale už pri nízkej hodnote deformácie dôjde k ich uzavretiu. Z grafov je tiež zrejmý rozdiel medzi priedušnosťou ihneď po stlačení a po relaxácii napätí. V prípade sedačky A je hodnota priedušnosti vyššia v prípade merania po relaxácii. Naopak u sedačky B bola situácia opačná a priedušnosť bola vyššia v prípade merania ihneď po stlačení. Iba v prvom prípade v časti 1 bolo toto poradie opačné, čo je možné vysvetliť podsávaním falošného vzduchu následkom malej prítlačnej sily. Taktiež je dobre upozorniť na približne zhodné hodnoty v časti 1 pri stupni deformácie 3 – 5. Vzhľadom k tomu, že materiálom poľahu bola koža, je možné, že vďaka jej malej priedušnosti mohol byť taktiež podsávaný falošný vzduch.

Bola navrhnutá i metóda, ktorá umožní stanoviť priedušnosť i pri tlakových spádoch, ktorých nie je možné na zariadení i cez jeho veľký rozsah dosiahnuť z dôvodu príliš veľkej alebo naopak malej priedušnosti. Ukážka takého postupu je ukázaná v grafe 3.



Graf 3: Vplyv priedušnosti na stlačenie pri rôznych tlakových spádoch

Jednotlivé závislosti priedušnosti boli získané na zhodnej vzorke pri rôznych tlakových spádoch. Ako je možné vidieť v grafe, ich priebehy sú veľmi podobné a líšia sa predovšetkým posunom v smere osy y, pričom smernica zostáva podobná. Táto metóda nedáva celkom presné výsledky, ale pre vytvorenie istej predstavy o priedušnosti za daných podmienok, je použiteľná.

Z hľadiska využitia sa navrhnutý postup merania priedušnosti i samotné zariadenie sa tento postup javí ako vhodné a v podstate ako jediné je schopné dať použiteľnú informáciu o reálnej priedušnosti zaťažovaného, teda používaného materiálu.

7. Záver a doporučenie

Táto práca sa zaoberala stanovením priedušnosti materiálu pri použití v reálnych podmienkach. Bola navrhnutá ako metodika, tak i zariadenie, ktoré je schopné vyššie uvedenú požiadavku splniť. Bolo ukázané, že touto metódou je možné zistiť hodnoty priedušnosti sedačky v predtým definovaných častiach pri zaťažení. Výsledky ukázali odlišnosti v jednotlivých častiach sedačky, ktoré nie sú spôsobené iba hodnotou

deformácie peny, ale tiež ďalšími vplyvmi. Behom merania sa prejavila neľahká regulácia tlakového spádu pri zmene priedušnosti. Zariadenie by preto bolo vhodné doplniť o citlivejšiu reguláciu, napr. ventilom s jemnou reguláciou škrtiacej klapky alebo elektronickým nastavením podtlaku. U neho môžeme ale očakávať dlhší čas, nutný pre ustálenie, čo je pri meraní nevýhodné, vzhľadom k relaxácii napätia PU peny.

Záverom môžeme konštatovať, že metodika je použiteľná pre stanovenie priedušnosti za prevádzkových podmienok a môžeme ju využiť v praxi.

Použitá literatura

[1] Verdejo, R., Stämpfli, R., Alvarez-Lainez, M., Mourad, S., Rodriguez-Perez, M.A., Brühwiler, P. A., Shaffer, M.: Enhanced acoustic damping in flexible polyurethane foams filled with carbon nanotubes

Dostupné na:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TWT-4T0FF97-1&_user=640831&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000034259&_version=1&_urlVersion=0&_userid=640831&md5=5f3d08326e764d11c949b6d0959cfce3>

[3.2.2009]

[2] Dostupné na:

<<http://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>>

[13.2.2009]

[3] Krebsová, M.: Nauka o polymerech, Skriptum TU Liberec 1979, 188-189

[4] Zhang, X. D., Macosko, C.W., Davis, H.T., Nikolov, A.D. and Wasan, D.T.: Role of Silicone Surfactant in Flexible Polyurethane Foam

Dostupné na:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WHR-45GMV8T-BH&_user=640831&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000034259&_version=1&_urlVersion=0&_userid=640831&md5=4cc77437019bb97136530b9701ebad53>

[3.2.2009]

[5] Dostupné na:

<http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/materialy-a-technologie/polyuretanova-budoucnost_19944.html>

[5.3.2009]

[6] Dostupné na:

<http://books.google.cz/books?id=g93wwhc0gr0C&pg=PT284&lpg=PT284&dq=PU+foam+with+high+porosity&source=bl&ots=zv2q7i7fBk&sig=LrQoN8KEWpKAzfeLgWW-a0qMHP0&hl=cs&ei=DDQkSoaZIoS_Qaty_3CBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6#PPT283,M1>

[14.4.2009]

[7] Dostupné na:

<http://books.google.cz/books?id=6jOd7aJRB0YC&pg=PA1&lpg=PA1&dq=polymeric+foams-mechanisms+and+materials&source=bl&ots=K9DGOle3jC&sig=C9Wrqe9xYF9Wtw0h1VsVm5o9RVE&hl=cs&ei=IFAgSqCUG8qEsAbqgcW_Bg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10#PPA15,M1>

[14.4.2009]

[8] Dostupné na:

<http://www.bpp-brno.cz/data/File/Soucasny_stav...pdf>

[25.4.2009]

[9] Rastrovací elektronový mikroskop Vega, Uživatelská příručka, Tescan s. r. o.

Dostupné na: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/p1010185.jpg>>

[11.11.2008]

[10] Dostupné na:

<http://books.google.cz/books?id=Zy7c0-amHQYC&dq=polyurethanes+as+specialy+chemicals&printsec=frontcover&source=bl&ots=OeyuWEpglg&sig=_7NMAJut1dUR6ETObiuitFoW5xM&hl=cs&ei=SlcvSsitBI mysAbZ67W0CQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3>

[1.5.2009]

[11] Dostupné na:

<http://www.pfa.org/intouch/new_pdf/lr_IntouchV1.2.pdf>

[12.9.2008]

[12] Dostupné na:

<http://www.pfa.org/intouch/new_pdf/lr_IntouchV1.1.pdf>

[12.9.2008]

[13] Jirsák, O., Kalinová, K. : Netkané textilie Skriptum TU Liberec 2003, str. 42

[14] Dostupné na:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TXD-4N9DK0T-2&_user=640831&_coverDate=01%2F15%2F2008&_alid=930796492&_rdoc=8&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5588&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_ct=38&_acct=C00034259&_version=1&_urlVersion=0&_userid=640831&md5=8c381e1932c8321f63a1038afc767ddd>

[3.5.2009]

[15] Neckář, B.: Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů Skriptum TU Liberec 1998,

[16] Dostupné na:

<http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/porovitost.html>

[3.5.2009]

[17] Dostupné na:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TWT-49W2NSW-7&_user=640831&_coverDate=06%2F30%2F2004&_alid=930809860&_rdoc=26&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5571&_sort=d&_docanchor=&view=c&_ct=34&_acct=C000034259&_version=1&_urlVersion=0&_userid=640831&md5=eabb90177f833c9c09c121baeabab413>

[5.5.2009]

[18] Dostupné na:

<http://www.renosol.com/Glossary_PU.htm>

[5.5.2009]

[19] Dostupné na:

<http://www.modelarna-liaz.cz/cz_sluzby.htm>

[2.3.2009]

[20] Dostupné na:

<http://www.pfa.org/intouch/new_pdf/lr_IntouchV4.1.pdf>

<http://www.pfa.org/intouch/new_pdf/lr_IntouchV5.2.pdf>

[12.9.2008]

[21] Dostupné na:

<[http://www.mzp.cz/ris/visdn.nsf/0/9f3769e438c1e9dcc12572b70069fbc3/\\$FILE/RES_Prirustky_2007_03.pdf](http://www.mzp.cz/ris/visdn.nsf/0/9f3769e438c1e9dcc12572b70069fbc3/$FILE/RES_Prirustky_2007_03.pdf)>

[25.4.2009]

[22] Dostupné na:

<http://www.ft.vslib.cz/depart/knt/web/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=55&Itemid=36>

[25.4.2009]

[23] Dostupné na:

<<http://www.exavik.cz/katalogceskypreklad.pdf>>

[25.4.2009]

[24] Li, M., Wang, S., Zhang, Z., Wu, B.: Effect of structure on the mechanical behaviors of three-dimensional spacer fabric composites

[25] Dostupné na:

<<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/p1010184.jpg>> použité zariadenie

[1.5.2009]

[26] Dostupné na:

<http://customcovers.customcovers.com/products/spacer_mesh_seat_covers.aspx>

[2.5.2009]

[27] Dostupné na:

<<http://lb-bohemia.topkontakt.idnes.cz/pasivni-antidekubitni-matrace-bohemia-lux-331953?55209>>

[5.5.2009]

[28] Dostupné na:

<<http://www.freepatentsonline.com/4573456.html>>

[5.5.2009]

[29] Dostupné na:

<<http://www.porsche.com/microsite/technology/default.aspx?pool=uk&ShowSingleTechTerm=PTSitzH&Category=&Model=&SearchedString=&SelectedVariant=>>

[15.5.2009]

[30] Dostupné na:

<<http://www.akaska.cz/sdruzeni-ms/nizkotlake-ventilatory.php>>

[10.5.2009]

[31] Dostupné na:

<<http://www.pcmproducts.net/>>

[10.5.2009]

[32] Dostupné na:

<<http://www.patentstorm.us/patents/7320357.html>>

[15.5.2009]

[33] Dostupné na:

<http://www.ecplaza.net/tradeleads/seller/4871281/cool_air_cushion.html#none>

[18.5.2009]

[34] Dostupné na:

<http://www.avtomir.com/files/uphoto/article_5137/35328_img.jpg>

<<http://www.automotiveaddicts.com/2983/2009-geneva-motor-show-roll-out-new-models-introduced-for-the-first-time>>

[20.5.2009]

[35] Dostupné na:

<<http://shop.normy.biz/d.php?k=20590>>

[21.4.2009]

[36] Dostupné na:

<http://www.ft.tul.cz/index.cgi?sou=science/laboratore/knt-testovani_filtrace.htm>

[13.4.2009]

[37] Dostupné na:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TFK-4VDS8HX-3&_user=640831&_coverDate=04%2F15%2F2009&_alid=930840770&_rdoc=2&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5229&_sort=d&_docanchor=&view=c&_ct=3&_acct=C000034259&_version=1&_urlVersion=0&_userid=640831&md5=eb862d5034f9b45006f09508db5f499f>

[1.5.2009]

[38] Dostupné na:

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Darcyho_z%C3%A1kon>

[24.4.2009]

[39] Dostupné na:

<<http://www.paru.cas.cz/lem/book/Podkap/7.0.html>>

<<http://www.fzu.cz/texty/brana/prozmikroskop/prozmikroskop.php>>

[28.4.2009]